

سلسلة الكتب الدراسية رقم :

جيولوجيا البترول

للدكتور سعد الدين النقادى



أسيوط - ١٩٦١



سلسلة الكتب الدراسية رقم :

جيولوجيا البترول

للدكتور سعد الدين النفادى

اسيوط - ١٩٦١

مقدمة

تعتبر منطقة الشرق الأوسط من أغنى المناطق البترولية فى العالم وتحوى بعض حقولها أكبر تجمعات بترولية منفردة فى العالم فقد بلغ صافى انتاجها فى سنة ١٩٥٩ حوالى ٢٢٨ مليون طن أى ما يعادل ٢٣٫٧٪ من الانتاج العالمى ومن المتوقع أن تصل هذه الكمية فى سنة ١٩٦٥ الى أكثر ٣٥٠ مليون طن .

ويتبين من ذلك مدى أهمية البترول لبلدان هذه المنطقة وتأثيره البين فى اقتصادياتها ومكانتها الدولية .

ولذا أصبح من الواجب القومى لحكومات هذه البلاد والمسئولين على
~~ولذا أصبح من الواجب القومى لحكومات هذه البلاد والمسئولين على~~
التعليم فيها أن يولوا البترول قسطا أساسيا من العناية والرعاية .

ويعتبر تقديم كتاب جامعى باللغة العربية عن جيولوجيا البترول مساهمة ضرورية فى هذا السبيل ، فهو الى جانب نفعه لطلاب الجامعات العربية ، يؤدى بعض العون للمشتغلين بصناعة البترول ، فقد تضمنت أبوابه الستة — فى تركيز — أهم ما يجب أن يلم به فى هذا الفرع من الدراسات البترولية ، حيث يتدرج من عرض النظريات المختلفة المفسرة لنشأة البترول والغاز الطبيعى الى كيفية هجرتها وتجمعها ، وخصص باقى الكتاب لحقول البترول الهامة فى العالم وجيولوجيتها ، وآخر لطرق السطح وتحت السطح الجيولوجية للتنقيب عن البترول ، كما يشمل الباب الأخير شرح لكيفية تقدير المخزونات البترولية ومصطلحات علمية معربة فى جيولوجيا البترول .

محتويات الكتاب

الصفحة

الباب الأول

الباب الثانى

الباب الثالث

الصفحة

الباب الرابع

الباب الخامس

الباب الأول

نشأة البترول وتطوره

النظريات المفسرة لنشأة البترول :

حيرت كيفية نشأة البترول وطريقة تجمعه الجيولوجيين منذ زمن طويل ومازالت النظريات المختلفة التى وضعت لتفسير نشأته قاصرة عن توضيح كل الحقائق ولم تسلم أى منها من اعتراض أساسى ، وتعزى بعض الصعوبة فى وجود نظرية صحيحة يقبلها جميع الجيولوجيين إلى أن البترول سائل ينزح أو يهاجر من موطنه الأصلى ، فأصبح بذلك من العسير دراسته فى مكان نشأته والاستدلال على أصله وتاريخه .

كما أن المادة العضوية الصلبة التى توجد فى الصخور الرسوبية — وان كانت كالبترول مكونة من الكربون والايدروجين — فانها تختلف اختلافاً جوهريا عنه ، ولم تعرف بعد المرحلة الانتقالية بين هذه المادة والبترول الذى يمثل الحلقة الأخيرة فى سلسلة من الحوادث التى لم نتوصل بعد لمعرفة كيف تمت نهايتها . ومن أهم الأسئلة التى تجب معرفة الاجابة عنها فى هذا الصدد هي :

١ — ما هى المادة الأصلية التى تكون فيها البترول ؟

٢ — كيف حدث تغير هذه المادة ؟

٣ — ما هى البيئة الصالحة التى تم فيها التغير ؟

٤ — كيف يمكن تفسير التركيب الكيميائى المعقد للبترول ؟

٥ — ما هو مصدر الغازات التى توجد دائما مصاحبة للبترول ؟

ولقد وضعت عدة نظريات لتفسر نشأة البترول وهجرته وتجمعه ، وبنيت هذه النظريات على تجارب معملية حاولت أن تصطنع الظروف الحقلية لتكوين البترول ، أو أن تجد تعليلا جيولوجيا للمعلومات المتعددة التى يحصل عليها أثناء الكشف عن البترول أو الغاز وإنتاجه .

ويجب على هذه النظريات ،لكي تقبل، أن تكون مبنية على عمليات طبيعية شاملة تعطى هذا الانتاج الضخم الوفير من البترول الذى يوجد فى مناطق واسعة الانتشار ، ومن أزمنة جيولوجية مختلفة .

يمكن تقسيم النظريات المفسرة لنشأة البترول على أساس مصدر المادة الأصلية المكونة له إلى مجموعتين : مجموعة نظريات النشأة غير العضوية ، ومجموعة نظريات النشأة العضوية .

وقد كانت الآراء قديما تميل إلى تفسير نشأة البترول على أساس النظريات غير العضوية ، ولكن معظمها اتجه حاليا إلى ناحية نظريات النشأة العضوية ، وذلك لما لاقته نظريات النشأة غير العضوية من اعتراضات ، ولكن هذه الاعتراضات لم تستبعد كلية إمكان قيام بعض المواد غير العضوية وخاصة الأيدروجين ببعض الدور فى نشأة البترول ، وعلى ذلك لا زالت نظريات النشأة غير العضوية تحظى ببعض التأييد .

إن اختلاف الآراء لا يتوقف عند حد المادة الاصلية للبترول، بل يمتد إلى أمور هامة أخرى ، مثل طبيعة مصدر المادة العضوية : نباتية هى أم حيوانية؟ وهل ترسبت فى بيئة بحرية أو فى مياه عذبة أو مويلحة Brackish ثم هل كانت مادة المصدر العضوية نتيجة تحلل مادة عضوية أو نتيجة تخليق Synthesis لمركبات ايدروكربونية عضوية ؟

وكذلك يختلف الباحثون فى كيفية تحول المادة العضوية إلى بترول ، وهل كان بفعل الضغط والحرارة ، أو بفعل البكتريا ، أو بتفجيرات النشاط الاشعاعى والعوامل المساعدة الخ ، كما يختلفون فى كيفية تجمع البترول ، وهل نشأ فى المكان الذى يوجد فيه الآن ، أم أنه رحل بعد تكونه إلى المكان الذى يختزن فيه الآن ؟ ، ثم ما هى الطريقة التى رحل بها إن كان قد هجر مكانه الأصلى إلى الخزان البترولى ؟ هل تحولت المادة العضوية الاصلية إلى بترول فى التكوين الطينى الذى ترسبت عليه، أم أن المادة الاصلية كانت مادة غروية Colloidal أو مادة عضوية قابلة للذوبان تركزت فى الصخور الخازنة ثم تحولت هناك إلى بترول .

ولاشك أن للنظرية التى يعتقد فى صحتها الجيولوجى فيما يختص بنشأة البترول وطريقة تكونه وهجرته أو عدمها تأثيراً على الطريقة التى سوف يتبعها عند ما يخرج إلى الحقل منقبا عن البترول .

١ — نظريات النشأة غير العضوية Theories of inorganic origin :

تفسر هذه الافتراضات التى كانت سائدة فى القرن التاسع عشر نشأة البترول على أنها نتيجة تفاعلات كيميائية على نطاق واسع فى باطن الأرض ، ويؤيد هذه الافتراضات أنه أمكن تحضير مواد ايدروكربونية مثل الميثين والاثين والاسيتيلين والبنزين فى المعمل من مصادر غير عضوية ، غير أنه لا يوجد أى دليل حقلى على حدوث هذه العمليات فى الطبيعة . ومن أشهر الافتراضات عن النشأة غير العضوية للبترول ما ساقه الكيميائى الروسى ميندليليف Mendeljeef عن تكوين الايدروكربونات نتيجة لتفاعل كميات كبيرة من كربيد الحديد Iron carbide كانت توجد فى باطن الأرض مع المياه الجوفية الراشحة تحت ضغط وحرارة شديدين .

وهناك افتراض آخر عن تفاعل كربونات الكالسيوم المكونة للحجر الجيرى مع كبريتور الايدروجين الموجود فى الغـاز الطبيعى تفاعلا نشأ عنه تكوين الميثين .

وتنهار هذه الافتراضات وكثير غيرها أمام الاعتبارات التالية :

(١) النشاط الضوئى Optical activity للبترول : أى قدرته على ادارة حزمة من الضوء المستقطب ، يضعه فى مجموعة المواد العضوية التى تكاد تكون هذه الظاهرة قاصرة عليها .

(٢) احتواء البترول على مجموعات متماثلة التركيب من المركبات الايدروكربونية تضم أعدادا كبيرة من الاعضاء الفردية ، وحيث أن المركبات ذات أصل عضوى ويصعب جدا تكوينها بطرق غير عضوية فان ذلك يثير اعتراضا جديا على إمكان نشأة البترول نتيجة لعمليات غير عضوية ،

(٣) وجود البترول فى أغلب الأحوال بالصخور الرسوبية البحرية ، وفى الحالات النادرة التى يوجد فيها فى الصخور النارية يكون قد نزح إليها عن طريق الفوالق أو مناطق التدمير Shatter zones .

(٤) وجود البترول فى الصخور الحديثة العمر نسبياً ، وقلته فى طبقات العصور القديمة الأقرب إلى باطن الأرض . يستبعد نشأته نتيجة لتفاعلات فى مركز الأرض .

وبالرغم من كل هذه الاعتراضات على افتراض نشأة البترول بطريقة غير عضوية فانه توجد ناحية من نظرية النشأة غير العضوية تستحق العناية ، وهى احتمال أن يكون بعض ما يحويه البترول من أيدروجين قد تكون بطريقة غير عضوية . ذلك لأن المادة العضوية البحرية العادية تحتوى على مايتراوح بين ٧ و ١٠ فى المائة من الايدروجين تقريبا . بينما يحتوى البترول على مايتراوح بين ١١ و ١٥ فى المائة . ومن المشكلات فى نظرية النشأة العضوية أن نجد الأيدروجين اللازم الذى يعوض هذا النقص . خاصة وأن الأيدروجين الحر لا يوجد عادة فى الصخور الرسوبية . وذلك لكونه أخف الغازات وأكثرها قابلية للحركة . علاوة على أنه من أنشط العناصر كيميائيا . وحيث أن الأيدروجين الحر يخرج فى كميات ملحوظة من البراكين . يوجد مع الغازات التى تخرجها الداخنات Fumaroles فان مصدر هذا الايدروجين البركانى قد يكون نتيجة اختزال الماجنتيت إلى هيماتيت بفعل بخار الماء المفرط الحرارة Superheated steam حسب المعادلة الآتية التى أمكن تحقيقها فى المعمل :

$$٢ ح_{٣} ا_{٤} + يد_{٢} ا = ٣ ح_{٢} ا_{٣} + يد_{٢}$$

ويمر الأيدروجين الذى يتكون بهذه الطريقة خلال الصخور فى طريقه إلى سطح الأرض فيقترب منه ويتخلل المادة العضوية فى المسامات الشعرية للحجر الطينى الصفحى أو فى الفراغات الشعرية للحجر الرملى . ويمكن أن يتحد معهما مكونا ايدروكربونات . كما يمكن أن نقول بذلك إن هيدرجة Hydrogenation المادة العضوية لتكوين البترول قد تم جزء منها بواسطة

الايدروجين المنبعث من باطن الأرض غير العضوى ، وان كان الاصح أن يكون الايدروجين ناتجا عن فعل البكتريا .

٢ — نظريات النشأة العضوية Theories of organic origin :

تبنى هذه النظريات على أساس أن مادة المصدر الاولية للبترول ، والتى تسمى البروتوبترول Protopetroleum كانت عضوية ، وأنها تكونت من بقايا المواد العضوية النباتية أو الحيوانية المكونة من الكربون والايدروجين وهما العنصران الأساسيان فى تركيب البترول ، وأن البترول يحتوى على البورفيرين Porphyrin والنيتروجين اللذين يوجدان فى المواد العضوية ، كما أن درجة حرارة خزانات البترول لا تزيد إلا فى النادر عن مائة درجة مئوية ، كما يستدل من القياسات الحرارية للآبار البترولية ، ولابد أنها لم تزد فى أحوال كثيرة عن ٢٠٠ درجة مئوية بدليل احتواء كثير من أنواع البترول على البورفيرين الذى يتحلل قبل هذه الدرجة .

المصادر العضوية المحتملة :

لا يمكن أن نذكر مؤكدين نوع الكائنات العضوية التى كونت البترول فى أى خزان بترولى وإن كنا نعرف أن هناك أنواعاً عديدة من الحياة النباتية أو الحيوانية قادرة على تكوين البترول تحت ظروف مناسبة ، إذ أن التغيرات العديدة التى تحدث للمادة العضوية من وقت موت الكائن العضوى حتى تحوله إلى بترول كفيلة بأن تمحو كلية إمكان التعرف عليها .

ولكننا يمكننا أن نضع بعض التحديد لنوع المادة العضوية باتباعنا اتجاهين تفكيريين ، وبذلك نستبعد من اعتبارنا بعض الفصائل الكبيرة .

ويشمل أحد هذين الاتجاهين العامل الوقتى ، إذ أنه من الواضح استحالة تكون البترول القديم من كائنات عضوية حديثة ، بينما وجد هو فى صخور تكونت قبل ظهور الكائنات المتقدمة كالأشجار والحيوانات الأرضية بملايين السنين .

أما الاتجاه الفكرى المنطقى الثانى فهو عامل فرص البقاء ، وهذا يستبعد بعض الكائنات من إمكان كونها مصدرا للبترول على أساس أن الظروف

البيئية التى كانت تعيش فيها هذه الكائنات لم تهيئ لها فرصة كافية للدفن داخل بعض الرواسب .

وتستبعد هذه التحديدات بذلك النباتات والحيوانات الأرضية من إمكان كونها مصدرا للبترول ، فمعظمها لم يوجد فى العصر الاردوفيشى حيث توجد بعض الخزانات البترولية .

أما الحياة البحرية — باستثناء القارات — فكانت متعددة فى الباليوزويك القديم ، ومن بينها كانت العائلات التى كونت كائناتها البترول ، ومن أهمها الحيوانات والنباتات الأولية مثل الطحالب والداياتوم والفورامنفرا وهى التى كانت موجودة بكثرة كبيرة فى جميع البحار من الباليوزويك القديم إلى الوقت الحاضر ، وهذا ما يجعل إمكان كونها مصدرا للبترول فى جميع العصور أمرا كبير الاحتمال ، ويبدو بعد ذلك أنه يمكن القول بأن للبترول نشأة بحرية ، وتؤيد ذلك النقط الآتية :

١ — وجود ٩٥٪ من حقول البترول المعروفة فى رواسب بحرية ، فمن المعقول إذن أن يتكون البترول من كائنات بحرية دفنت فى هذه الرواسب .

٢ — إمكان التعرف على صخور المصدر Source rocks فى بعض الأماكن مثل :

(أ) يحتوى حجر جيرى ترنتون Trenton limestone فى أونتاريو على عدسات الدولوميت بترولى يحيط به حجر جيرى متماسك غير منفذ ، ولابد أن البترول قد تكوّن فى هذا الدولوميت أو قريبا منه . وحيث أن الحجر الجيرى كان بحريا وغنيا فى محتوياته العضوية من الحيوانات الرخوة والطحالب ، فمن المعقول أن نفترض كونه صخرى المصدر .

(ب) يوجد كثير من الطبقات البترولية المنتجة فى الطين الصفحى المونتيرى Monterey shales الموجود فى الميوسين المتوسط لكاليفورنيا . وتحتوى طبقات الطين الصفحى على كميات كبيرة من الداياتوم والفورامنفرا ويبدو أنها هى مصدر البترول لعدد من الحقول .

(ج) المجموعة الوحيدة من الطبقات غير المنتجة للبترول التي توجد تحت عدم توافق موروجا Moruga unconformity فى ترينيداد هى تكوين بوانت ابير Pointe a Pierre غير البحرية ، ويظهر البترول فى باقى الطبقات البحرية التى يوجد تحتها حجر طينى بحرى غنى جدا بالفورامنفرا ويحتمل أن يكون هو صخر المصدر .

نستخلص مما تقدم أن الشواهد كثيرة على أن المواد البحرية العضوية هى المصدر الذى نشأ منه البترول ، وقبل أن نفحص الطرق التى تحولت بها هذه المواد العضوية إلى بترول يجدر بنا أن نلم ببعض المعلومات عن المحتويات العضوية للرواسب الحديثة والمواد العضوية الموجودة فى الصخور الرسوبية .

المحتويات العضوية للرواسب الحديثة :

وجد تراسك (١٩٤٢) أن ما تحويه الرواسب الحديثة التى تتجمع حاليا من المواد العضوية يتراوح بين ٠,٥٪ و ٥,٠٪ من وزنها ويبلغ فى المتوسط ٢,٥٪

وتتوقف هذه الكميات على عدة عوامل مثل البعد عن الشاطئ ، وصفات وحجم حبيبات الرواسب ، ومقدار البلانكتون الذى يوجد فى منطقة الترسيب فتحتوى الرواسب البحرية القريبة من الشاطئ على كمية من المواد العضوية تختلف بين ١,٠ ٪ و ٧,٠ ٪ ، بينما تحتوى بعض رواسب البحيرات على حوالى ٤٠ ٪ .

وتبلغ المواد العضوية فى الرواسب المحيطية البعيدة عن الأرض حوالى ١٪ .

وقد تبين من الأبحاث التى تمت على المواد العضوية الموجودة فى رواسب خليج المكسيك أنها تتراوح بين ٠,٥ ٪ فى رمال الرف القارى إلى ٢ ٪ فى الطين الموجود على الجزء العلوى من ذلك الرف ، كما تتناقص كمية الكربون العضوى حوالى ١٥ ٪ بين السطح العلوى لرواسب القاع وما تحته بخمسة وعشرين سنتيمترا .

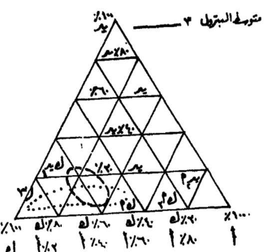
وتبلغ نسبة المواد العضوية أعلاها فى الرواسب البحرية الدقيقة الحبيبات كالطين ، والطين الصفحى Shale ، وحجر الغرين Siltstone ، بينما هى أقل ما تكون فى الرواسب الخشنة ، كالرمال ، والكونجلوميرات .

وقد أثبت اكتشاف ايدروكربونات بترولية سائلة فى عينات لبية Cores من قاع خليج المكسيك وجود البترول فى الرواسب الحديثة ، كما اتضح من التحليل بواسطة ك ١٤ صغر عمر الايدروكربونات والرواسب التى توجد بها ، إذ وجد أنه حوالى ١٢٠٠٠ سنة ، وهذا يبين صغر الزمن اللازم لتحول المادة العضوية إلى ايدروكربونات بترولية .

المواد العضوية فى الصخور الرسوبية :

تتكون المواد العضوية الموجودة الآن فى الصخور الرسوبية من مركبات ايدروكربونية معقدة مقاومة مبينة فى الجدول التالى وبجانبها تركيب البترول للمقارنة :

	مادة عضوية		بترول	
كربون	٥٢—٧١	فى المائة	٨٣—٨٧	فى المائة
ايدروجين	٧ —١٠	«	١١—١٥	«
اوكسيجين	١٥—٣٥	«	كمية قليلة —٤	«
نيتروجين	٤ —٦	«	« —٤	«



(شكل ١)

يبين المقادير النسبية للكربون والايدروجين والاكسيجين فى البترول والخشب والفحم وعينة مثالية من المادة العضوية فى الرواسب

(عن ليفورسن ١٩٥٦)

ولقد تبين لتراسك وباتنود بعد فحص حوالى ٣٢,٠٠٠ عينة صخرية من أكثر الآبار البترولية إنتاجا فى الولايات المتحدة أن وزن الكربون العضوى يتراوح بين ٠,٨٪ و١,١ ٪ وحيث أن المحتويات العضوية تبلغ ١,٦ مرة قدر المحتويات الكربونية ، فتكون المحتويات العضوية فى هذه العينات الصخرية تتراوح بين ١,٣ ٪ و ١,٧ ٪ أوما يقرب من ١,٥ ٪، ومن أهم النتائج التى توصل إليها هذان الباحثان أن المادة العضوية فى الرواسب الحديثة تتراوح بين ٠,٥ ٪ و ٥,٠ ٪ وتبلغ فى المتوسط ٢,٥ ٪ وحيث أن نسبة المادة العضوية فى الرواسب القديمة تبلغ ١,٥ ٪ فان مقدار النقص منذ وقت دفن المواد العضوية يبلغ حوالى ٤٠ ٪ .

تحول المادة العضوية إلى بترول Transformation of organic matter into petroleum :

يتفق معظم الجيولوجيين الباحثين فى كيفية نشأة البترول على أن مادة معينة ذات تركيب عضوى كانت هى المصدر الأولى للبترول ، ولكن الطرق التى تحوّلت بها هذه المادة العضوية إلى بترول تشمل مجموعة كبيرة من الافتراضات الطبيعية والكيميائية والجيولوجية .

وتقتضى عملية تحوّل أى مادة عضوية إلى بترول — علاوة على وجودها فى بيئة مختزلة — وجود طاقة للقيام بهذا التحول ، وقد اقترحت عدة مصادر لهذه الطاقة من أهمها :

١ — الحرارة والضغط Heat and pressure :

يعتقد بعض الباحثين أن الضغط أو الضغط والحرارة معا كانا هما السبب فى تحول المادة العضوية إلى بترول ، فقد تقطر البترول من الصخور الكربونية تحت ضغط عال وحرارة شديدة ، ثم وجد له مهرباً جانبياً سهلا بين الطبقات إلى المناطق الباردة بعد أن دفعته إلى ذلك الغازات المتكونة وقت التقطير .

ولكن المواد العضوية الصلبة ، مثل التى توجد فى الطين الصفحى الكيروجينى Kerogen shales (أى الطين الصفحى الذى يحتوى على الكيروجين ، وهو مجموعة معقدة من البقايا العضوية للنباتات الاولية

كالطحالب Algae وحبوب اللقاح Spores والبوغات Pollens والحشرات ، ويتركب كيميــائيا من مزيج معقد من مركبات أيدروكربونيــة ذات جزيئات كبيرة ، وتشمل الأيدروجين والكربون والاوكسيجين والنيتروجين والكبريت) — هى بايروبايتومين Pyrobitumen أى ايدروكربونات صلبة وحجر طينى صفحى كيروجينى ، تلزمها حرارة تتراوح بين ٣٥٠°م و ٤٠٠°م لتتحول إلى بترول سائل وغازى ، وهذا يتعارض مع وجود البورفيرينات Porphyrins فى البترول (وهى الدليل على أن درجة حرارة البترول لم تتعد ٢٠٠° م) كما أن درجات الحرارة فى معظم خزانات البترول لم تصل إلى أكثر من ١١٣°م وأقصى درجة حرارة باطنية قيست كانت ١٦٣° م من عمق ٢٠٥٢١ قدما فى بئر اختبارى .

ومن ذلك يتبين أنه إذا كان علينا أن نوضح أن البترول قد تكون من المادة العضوية التى توجد الآن فى الرواسب القديمة فمن الواجب إيجاد تفسير للتباين الواضح بين الحرارة العالية اللازمة لتحوّل هذه المادة العضوية وبين الحرارة التى يجب ألا يتعداها تكوين البترول ، نظراً لوجود البورفيرين . ويجد بعض المؤلفين تفسيراً لذلك فى الزمن الذى قد يحل محلّ الحرارة وهو أن بعض التفاعلات — إذا أعطيت زمناً جيولوجياً طويلا — تتم فى درجات حرارة أقل من تلك التى تلزم لها فى المعمل ، ولكن وجود المادة العضوية فى رواسب أزمنة جيولوجية طويلة من غير تحوّل واضح ، هو دليل عكسى على إمكان تحوّل المادة العضوية فى درجات حرارة منخفضة ، أو بمعنى آخر أن الزمن لا يعوض الفرق بين درجات الحرارة المنخفضــة للرواسب ودرجات الحرارة العالية اللازمة لتقطير البترول من المادة العضوية فى المعمل .

٢ — تفاعلات بالحفز Catalytic reactions :

تساعد المساحات السطحية المتسعة للحبيبات الدقيقة الموجودة فى صخور الخزان البترولى مع المواد الكيميائية المعقدة الموجودة هناك فى تحول المادة العضوية إلى بترول أو على الأقل إلى مواد شبه بترولية ، كما تعمل الحوافز Catalysts فى تنشيط التفاعلات التى تتم فى الدرجات الحرارية المنخفضة للخزان البترولى ، وهى التى لم تكن لتتم بدونها إلا فى درجات حرارة مرتفعة .

وتوجد بعض هذه الحوافز كمركبات داخل البترول ، وذلك مثل الفاناديوم Vanadium أو الموليبدنوم Molybdenum أو النيكل ،وهى عناصر شائعة فى رماد البترول الخام ، ووسيطات فعالة فى التخليق المعملى Laboratory synthesis للأيدروكربونات .

والمعتقد أن الكائنات العضوية قد استخلصت هذه العناصر من مياه البحر ثم ظلت بأجسامها لتعمل كحوافز طوال فترة تحلل المادة العضوية .

ويبدو أن المعادن الصلصالية Clay minerals التى توجد فى الرواسب الطينية التى تختلط بها المادة العضوية تعمل هى الأخرى كحوافز .

ومن الأمور التى تعزز أهمية فعل الحوافز فى تحول المادة العضوية إلى بترول أو مواد شبيهة بالبترول هو التغيب الشائع للأوليفينات Olefins من البترول الخام والوجود الشائع للمواد العطرية (الأروماتية) Aromatics فالأوليفينات التى توجد فى المادة العضوية تكون بارافينات Paraffins فى وجود الوسيطات وفى درجات حرارة أقل من الدرجات اللازمة فى عمليات التكسير Cracking والوسط فى هذه الحالة هو الطين الذى يوجد عادة فى صخور الخزان البترولى ، أما العطريات (البنزين) ، وهى التى لا توجد فى المادة العضوية البحرية ، ولكنها توجد فى حمض التربة (هيوميك) Humic acid ، فتتكون معمليا من البارافينات بفعل الوسيطات النشطة فى درجة حرارة حوالى ٨٠° م .

٣ — فعل البكتريا Bacterial action :

يعتقد كثير من الباحثين أن البكتريا تعمل بطرق متعددة فى مساعدة التحول النهائى للمواد العضوية المتعفنة إلى بترول ، ويبنى هذا الاعتقاد على أساس مالوحظ من أن كبريتات الكالسيوم والحديد التى توجد فى مياه البحر الراكد تتحول إلى كبريتورات بفعل مستعمرات من البكتريا النازعة للكبريت Desulphurizing bacteria التى تزدهر فى هذه البيئات ، وقد تستمر هذه العملية إلى مرحلة أبعد من السابقة ، مما ينتج عنه فى النهاية الهدم والتحلل المائى Hydrolysis للكبريتورات الفلزية وانبعاث غاز كبريتور الأيدروجين .

والأساس فى هذه العمليات أن هذا النوع من البكتريا قادر على استخلاص الأوكسيجين من جزيئات الكبريتات للزومه لدورتها الحيوية ، ويعتقد أنه فى إمكان البكتريا أيضاً عمل اختزال مماثل لجزىء الحمض الذهنى Fatty acid وتحويله إلى إيدروكربون .

وقد قام زوبل Zo Bell ومساعدوه فى معهد سكريبس لعلوم البحار كاليفورنيا بأكثر الأبحاث الحديثة عن علاقة البكتريا بنشأة البترول .

فوجد زوبل أن رواسب أعماق المحيطات تزخر بكميات هائلة من البكتريا الحية ، وقد أمكنه استخراج آلاف من البكتريا الحية من كل جرام من رواسب الأعماق التى أخرجت من أعماق تزيد عن ٢٠ قدماً تحت قاع البحر ، ولهذه البكتريا أو لأنزيماتها — التى تعمل كوسيطات عضوية — القدرة على عمل تغيرات كيميائية عديدة فى المادة العضوية . وقد استخرجت بكتريا كثيرة من الرواسب القديمة ، ومن البترول الذى يوجد على أعماق عدة آلاف من الأقدام .

ووجدت البكتيريا فى البترول الناتج من بئر بعد حفرها بعدة سنوات ، وهذا دليل على أنها تنمو على الأقل فى الوقت الحاضر داخل التكاوين الحاملة للبترول ، ولم تدخل إلى هذه التكاوين أثناء الحفر أو بعده .

ويستنتج زوبل من الملاحظات التى أجراها على هذه البكتريا أنه ليس للملوحة ولا للضغوط المائية العالية (١٥٠ ألف رطل على البوصة المربعة) ولا للدرجات الحرارة التى تصل إلى ٨٥° م ، القدرة على أن تمنع النشاط البكتيرى فى البيئة البترولية .

وأثبت البحث فى منطقة خليج كارابوجاز فى بحر قزوين أن الطين الموجود فى أعماق البحر يحتوى على ٢٥٪ مادة عضوية ، وأن ١٠٪ منه قد تحول إلى أيدروكربونات ثقيلة يمكن استخلاصها . ومما هو جدير بالملاحظة أن نسبة الأيدروكربونات التى توجد فى أى عينة من الرواسب الحديثة وإن كانت صغيرة إلا أنها كافية لتكوين ما يوجد من بترول فى الحقول البترولية ، بعد ما ترحل هذه الأيدروكربونات وتتجمع فى الخزانات المسامية ، بحيث

يتركز البترول المتكون فى مساحة كبيرة من رواسب سميكة فى أمكنة بؤرية قليلة .

وقد أمكن حساب حجم الصخور الحاوية للبترول فى المنطقة الوسطى للولايات المتحدة ، فوجد أنه لا يتعدى $\frac{١}{٣٠}$ فى المائة من الحجم الكلى للصخور المحتمل أن تكون مصدراً للبترول .

ومن المعتقدات الشائعة أن فعل البكتيريا يحول المادة العضوية إلى نوع من البترول الأوّلى يسمى أحياناً بروتوبترول Protopetroleum يتكون فى الطين الداكن اللون ويتركب من جزيئات كبيرة .

غير أن الطريقة التى يتم بها تحول البروتوبترول إلى مجموعة المواد الأيدروكربونية الخفيفة غير مفهومة بالضبط ، ولكنه يقترح أن هذا التحول يحدث على مرحلتين :

أولا : بإبعاد الأوكسيجين والنيتروجين من المادة العضوية تكون البكتريا مركبات أقرب شبهاً بالبترول من المادة الأصلية .

ثانياً : تتكون الأيدروكربونات من تلك المركبات بعملية كيميائية بحتة .

٤ — النشاط الإشعاعى Radioactivity :

يبدو أن اتساع انتشار المعادن ذات النشاط الإشعاعى فى الأرض ومعرفة التفاعلات الكيميائية التى تنتج عن التحطيم الإشعاعى Radioactive bombardment تجعل من المحتمل أن تساعد بعض الظواهر الاشعاعية فى تحول المادة العضوية إلى بترول ، فالأنوية الذرية للعناصر المشعة الطبيعية مثل اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم غير ثابتة ، وهى تنحل بالتحطيم الفجائى بعد أن تمر بتحولات متعددة إلى أن تصل إلى النتاج الأخير الثابت .

وتخرج بعض الذرات — أثناء انحلالها — ألكترونات عالية السرعة تسمى جزيئات بيتا Beta particles ، بينما تخرج ذرات أخرى أنوية هليوم عالية السرعة تعرف بجزيئات ألفا Alpha particles ، وهذه الأخيرة هى المسئولة عن أكثر من ٧٥ ٪ من الطاقة التى تتحرر من العناصر الأرضية المشعة .

وتخرج أشعة جاما Gamma rays بعد خروج جزيئات ألفا وبيتا ، وهى موجات كهرومغناطيسية Electromagnetic waves عالية الاختراق شبيهة بأشعة × ولكنها أقصر منها ، ويقيس التسجيل البئرى بأشعة جاما Gamma ray well logging ما يخرج من أشعة جاما الطبيعية للتكاوين التى يحفر بها .

وأهم العناصر المشعة الموجودة فى الصخور الرسوبية هى اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم ، وهذه توجد فى الأماكن الآتية :

١ — مصاحبة للمعادن الثقيلة Heavy minerals الموجودة فى الرمال والأحجار الرملية .

٢ — فى النظير النشط Active isotope بو . ٤ الذى يوجد فى الرواسب الملحية وفى أملاح حقول البترول والحجر الطينى والطين الصفحى والحجر الجيرى غير النقى والمواد العضوية . وقد ظهر أن تحطيم الأحماض العضوية المشبعة التى لها التركيب رك ١١ يد (مثل حمض Palmitic الذى تركيبه ك ١٥ يد ٣١ ك ا ا يد (بجزيئات الفا ينتج عنه ايدروكربونات بارافينية— وأن تحطيم حمض نافثينيك بجزيئات ألفا ، ينتج عنه هيدروكربون حلقى Cyclic hydrocarbon ولهذه النتائج معنى كبير ، لأنه أمكن التعرف على بعض الأحماض الدهنية فى المادة العضوية الموجودة فى الرواسب ، غير أن كفاية العملية ضئيل ، ومقدار التحول قليل ، وهذا يدل على أنه يلزم زمن جيولوجى طويل لإمكان تكوين كميات هامة من البترول بهذه الطريقة . وقد نتج عن تحطيم الميثين وغازات إيدروكربونية أخرى فى المعمل بواسطة جزيئات ألفا — نسبة كبيرة من الأيدروجين وأيدروكربونات غير مشبعة ، كما أن تحطيم الأيدروكربونات السائلة قد أعطى نسبا مماثلة عالية من الأيدروجين وكمية أكبر من الأيدروكربونات المشبعة ، ولكن هذه لا توجد فى البترول الخام إلا بكميات ضئيلة جداً .

ومن أهم الاعتراضات التى توجه لفعل إشعاعات ألفا فى تحويل المادة العضوية إلى بترول أن ذرات الأيدروجين تنقسم ، فى التجارب المعملية

على الأقل، أثناء التفاعل ، وهذا يسبب أنواعاً من البترول تزداد كثافتها وتعلو فيها نسبة الكربون على الأيدروجين مع مرور الأزمنة الجيولوجية ، بينما يقتضى تحول المادة العضوية إلى بترول ازدياداً متدرجاً فى نسبة الأيدروجين على الكربون .

ويوجد اعتراض آخر على تكون البترول بهذه الطريقة ، وهو وجود الطين الصفحى الأسود العضوى ذو النشاط الاشعاعى الكبير ، مثل الطين الصفحى الموجود فى انتريم — شاتانوجا — وود فورد .

فإذا كان التحول بالنشاط الإشعاعى قائماً منذ الزمن الديفونى Devonian time لكان من المنتظر أن نجد بالأحجار الطينية الصفحية مثل هذه بترولا حرا فى الكسور والفراغات الصخرية، ولا نجد إلا كمية قليلة من المادة العضوية . غير أن المحتويات العضوية فى هذا الصخر ما زالت عالية وهى بيربايتومينية إلا فى مناطق قليلة حيث تجمع الغاز الطبيعى ، الذى يبدو أنه قد تكون من مصادر أخرى .

البيئة التى تكوّن فيها البترول The environment of petroleum formation :

يبدو أن البترول قد تكون — أيا كانت الطريقة التى نشأ بها — مباشرة بعد التحلل المبدئى للمادة العضوية . والدليل على ذلك هو وجود البترول عادة فى صخور الخزان البترولى المسامية التى تحيط بها رواسب متماسكة غير منفذة ، فلا بد أن البترول قد نشأ ثم وصل إلى مكانه الحالى فى الخزان البترولى قبل أن تتماسك الرواسب الموجودة بين مكان النشأة ومكان التخزين .

ويبدو كذلك أن البترول تكوّن فى بيئة لاهوائية Anaerobic environment . والدليل على ذلك وجود الكبريتورات كالبايرايت فى الرواسب المصاحبة للبترول ، والكمية الملحوظة لكبريتور الايدروجين ، كما أن وجود البورفيرين فى البترول الخام دليل قوى على الظروف اللاهوائية لنشأة البترول ، إذ أن البورفيرين الذى يوجد في المكونات النيتروجينية للبترول ، يتلف فى وجود الاوكسيجين .

ويبدو من التركيب الصخرى للرواسب التى يوجد بها البترول أنها قد ترسبت فى مياه قليلة العمق، وأن عدم وجود الأوكسيجين فى بيئة نشأة البترول كان بسبب ركود المياه Stagnation وعدم دورتها ، كما يحدث عند ما تغلق الحواجز الرملية خليجا بحريا عن الجزء الرئيسى من البحر .

ويحتمل أن التركيز الزائد للأملاح الذى جاء نتيجة للتبخير التدريجى لمياه هذا الخليج أو اللاغون قد تسبب عنه قتل الحياة الحيوانية ، ثم ترسبت المادة العضوية على نطاق واسع فى هذه البيئة .

ويبدو أن عمل البكتريا الاختزالى واستخلاصها الأوكسيجين من المادة العضوية ، قد بدأ حين ترسبت هذه المادة العضوية فوق الطين الداكن الموجود فى قاع البحر. وهناك استخلصت البكتريا جزيئات الاوكسيجين من الدهون والأحماض الدهنية وتكون فى النهاية البروتوبترول Protopetroleum ولابد أن الكائنات العضوية الدقيقة التى اختزلت موادها العضوية البكتيريا المختزلة حين سقطت إلى قاع الخليج أو اللاغون الراكد ، كانت تعيش فى منطقة مياه بها أوكسيجين، قريبة من السطح حتى تتمكن هذه الكائنات العضوية الدقيقة من الحياة وبناء هياكلها الجيرية التى تكون الحجر الجيرى عند ترسبها.

ويمكن أن نعتبر أى حجر طينى أو أى حجر جيرى عضوى مصدرا محتملا للبترول ، خاصة إذا كان داكن اللون،ويظهر دليلا على ظروف الترسيب المختزلة .

ويحتمل أن للتبادل القاعدى Base exchange فى رواسب المصدر تأثيراً هاماً على بيئة نشأة البترول ، فعندما يلامس طين مياه البحر يحدث تبادل قاعدى ويتكون طين بوتاسيوم أو صوديوم Potassium or Sodium clay. فاذا تلامس بعد ذلك هذا الطين المتبادل قاعدته مع مياه عذبة فانه يتحلل مائيا Hydrolyze مكوّنا محلولا قلويا لايدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم ويصبح غير منفذ ، وينتج عن ذلك أن أية مادة عضوية توجد فى ذلك الوقت تحت الطين تصبح تحت ظروف لاهوائية ، وتحجز كل منتجات التحلل تحت الطين ولا تجد مهربا ما دامت هذه الظروف سائدة .

وقد دلت التجارب على أن المادة التى تتكون من التحلل المائى لصلصال الصوديوم Sodium clay تفضل فعل البكتريا تحت الظروف اللاهوائية ، وأن نتيجة هذا التفاعل هو تكوين المنتجات الاختزالية ، ووجد كذلك أن فعل البكتريا مستمر ، لا يقف بتراكم المنتجات الحمضية السامة ، لأن هذه تتعادل وتمتص آليا .

ويمكن أن نستنتج من هذه الحقائق أن تحلل المادة العضوية إلى بترول بفعل البكتريا يحدث تحت ظروف قلوية لاهوائية يهيئها الطين الصفحى Shale الذى يحتوى على طين الصوديوم Sodium clay الذى تعرض للتحليل بالمياه العذبة .

فاذا كان هذا الاستنتاج صحيحا فانه لا داعى لأن نفترض لزوم وجود عمق ١٠٠ قامة بحرية Fathom تمتص الكائنات التى يعيش فيها كل الاوكسيجين الموجود فى الماء ، إذ أن الطين الذى يتحلل بهذه الكيفية باستمرار قد يحجز الأوكسيجين عن البكتريا التى قد توجد تحت السطح ببضع بوصات فقط .

ويحتمل على هذا الاساس أن عدم وجود الاوكسيجين فى البيئات المكونة للبترول كان نتيجة للتبادل القاعدى فى مياه قليلة العمق .

حقيقة ضرورة وجود مرحلة الطين الصفحى فى بيئة تكون البترول :

بينا فيما سبق أن البترول يوجد فى بعض مراحله فى طين صفحى ، ولكن الصعوبات التى تحيط بتفسير مرضى لتحول المادة العضوية الموجودة فى الطين الصفحى إلى بترول ثم حركة البترول بعد ذلك إلى صخر الخزان المنفذ يجعل من المستحسن أن نفحص احتمالا آخر ، هو إمكان عدم ضرورة وجود مرحلة الطين الصفحى فى دورة التحول البترولى . وأن المادة العضوية قد ترسبت مباشرة فى صخر الخزان وخاصة فى الحجر الرملى والرواسب الفتاتية Clastic sediments التى أصبحت بعد ذلك المصدر الرئيسى للتجمعات البترولية والغازية ، والحقيقة أن كمية المادة العضوية فى الحجر الرملى أقل منها فى الطين الصفحى ، ولكنها توجد بكميات

أساسية ، كما أن الطفلة Marl والرواسب الجيرية قد تحتوى على مواد عضوية بنفس الكمية التى توجد بها فى الطين الصفحى ، فمثلا تبلغ نسبة المادة العضوية الموجودة فى كل من الرمل الدقيق الحبيبات والغرين والطين لرواسب الأعماق عند غرب خليج المكسيك ١ : ٢ : ٤ ، ويقابل هذا للمتوسطات الموجودة فى الرواسب القديمة والحديثة من أماكن أخرى فى العالم . وتتراوح نسبة المادة العضوية فى الرواسب الجيرية فى منطقة باهاما — فلوريدا بين ٣ و ٦ ٪ كما تتراوح فى الطفلة Marl بمنطقة البحر الأسود بين ٥ و ١٠ ٪ .

وتتغلب كثرة المواد العضوية الموجودة فى المناطق القريبة من الشاطئ حيث تترسب معظم رمال الخزانات الصخرية جزئيا — على قلة نسبة المادة العضوية التى تترسب فى الرمال والرواسب الخشنة ، كما تحتوى مياه البحر التى تترسب فيها صخور الخزان البترولى على مواد عضوية كثير منها مذاب فى حالة تعلق غروى ، وتصبح هذه المياه هى المياه الباطنية المتزامنة Connate waters الموجودة فى الرواسب ، والتى تملأ كل فراغات صخور الخزان عند ترسبها ، ويتراوح مقدارها بين ١٠ ٪ و ٤٠ ٪ من حجم الصخر الكلى .

وعلى ذلك فانه بالرغم من أن الحجر الطينى الصفحى والرواسب الدقيقة تحتوى على كميات أكبر من المادة العضوية عن تلك التى توجد فى الحجر الرملى فان كمية المادة العضوية الموجودة فى الرواسب الخشنة تكفى عدة مرات كل احتياجات العالم البترولية .

وبالرغم من ذلك فان مشكلة تحول المادة العضوية إلى بترول فى صخر الخزان تظل قائمة ، ولكن بغير حاجة إلى مواجهة صعوبة تفسير حركة المادة العضوية أو البترول خارجة من الحجر الطينى إلى صخر الخزان .

نشأة الغاز الطبيعى Origin of natural gas :

يقل ما كتب عن نشأة الغاز الطبيعى كثيرا عما كتب عن نشأة البترول . ويبدو أن هذا يعزى إلى الاعتقاد بأن للغاز الطبيعى والبترول نشأة واحدة ، وهو ماليس صحيحا فى كل الأحوال .

ان اسم الغاز الطبيعي يطلق على مجموعة من الايدروكربونات فى حالة غازية أكثرها ثباتا وشيوعا هو الميثين Methane ك يد ٤، كما توجد غازات ايدروكربونية أخرى مثل الايثيان Ethane والبروبين ، والبيوتين ، والهكسين ، والبنتين والهيبتين . وقد يحتوى الغاز الطبيعي علاوة على ذلك على غازات غير ايدروكربونية مثل كبريتور الايدروجين وثانى أكسيد الكربون والنيتروجين والهليوم .

ويوجد الغاز الطبيعي فى خمس بيئات مختلفة :

١ — مذابا فى البترول

٢ — فوق البترول مكونا غطاء غازيا Gas cap

٣ — فى نفس التركيب المصيدى Trapping structure كالبترول ولكن فى الطبقات العليا للخزان .

٤ — فى مناطق منتجة للبترول ولكن فى مصايد Traps مختلفة .

٥ — فى تجمعات بعيدة عن الرواسب البترولية ، وإن كان من المحتمل وجود رواسب بترولية كبيرة قرب هذه التجمعات الغازية .

نظريات نشأة الغاز الطبيعي :

توجد نظريتان تفسران نشأة الغاز الطبيعي :

١ — النظرية الأولى : تقول بأن للغاز الطبيعي نشأة مستقلة عن نشأة البترول ، ويحتمل أنه لم يكن فى وقت ما مصاحبا للبترول السائل .

ومما لاشك فيه أن بعض الغاز قد تكوّن مباشرة من مواد عضوية متعفنة من غير أن يمر فى مرحلة ايدروكربونية سائلة ، ومثال ذلك غاز المستنقعات أو الميثين الذى يتولد أثناء تعفن المادة النباتية فى المستنقعات ، كما يتولد غاز مماثل من الطين الذى يحتوى على كميات من الرخويات . وبجانب ذلك يوجد غاز الميثين مع غاز الفحم الذى لا علاقة له البتة بتكوين البترول ، والذى ينتج من بقايا نباتات المياه العذبة المكونة للفحم ، والذى يتجمع فى طبقات الفحم أو فى الطبقات المسامية التى فوقها . ويعزو بعض المؤلفين تكوين الميثين لعمليات

طبيعية غير عضوية، فقد وجد فى الغازات الخارجة من البراكين، وأنه وغازات ايدروكربونية أخرى قد تكونت بالتحول التماسى Contact metamorphism لاتحاد الكربون (الموجود فى الصخور الكربونية) وبخار الماء الناشئ من تدخل صخور منصهرة .

٢ — والنظرية الثانية التى تحاول أن تفسر نشأة الغاز تقول : إن الغاز الطبيعى هو نتاج ثانوى أو نتاج أخير لنشأة وتطور البترول وكان فى وقت ما فى حالة سائلة ، وأنه كلما ازداد عمر البترول وعمق وتعقدت تركيبات الطبقات التى يوجد بها فانه يتحول مع بعض الاستثناءات من أسفلت إلى ايدروكربونات خفيفة تحتوى على غازات ايدروكربونية .

وقد يكون أحسن الأمثلة لتطبيق هذه النظرية هو وجود الغاز بكميات كبيرة فى منطقة الابالاشيان شرق منطقة الاختفاء Extinction zone حيث تزيد نسبة الكربون Carbon ratio على ٦٥ وتميل حقول البترول إلى الاختفاء . غير أن أحسن الأدلة على نشأة الغاز أثناء التطور الطبيعى للبترول هو الوجود الدائم للغاز والبترول معا فى الطبيعة ، وفى الحالات القليلة التى وجد فيها الغاز الطبيعى منفردا من غير البترول ، فأنه كان نتيجة كون الغاز الطبيعى أكثر قدرة على الحركة من البترول ، وأنه بمجرد انفصاله عن البترول يطرق مسالك لايمكن للبترول أن يتبعه إليها ويتجمع بذلك فى خزانات منفصلة. وبالرغم من أنه لايمكن انكار النشأة المباشرة للغاز من المادة العضوية المتعفنة فاننا لا يمكن أن نعزو لها تكوين التجمعات الرئيسية للغاز الطبيعى .

طبقات المصدر Source beds :

حاول كثير من الجيولوجيين فى حقول البترول أن يعينوا الصخور التى كانت مصدرا للبترول ، ولكنهم لم يستطيعوا فى أية حالة من الحالات أن يثبتوا ثبوتا قطعيا نشأة البترول فى طبقة صخرية معينة . ولا يكفى أن نجد صخرا عضويا فى نفس القطاع الذى يحتوى على صخور الخزان البترولى حتى نعتبر أنه كان صخر المصدر فان بعض الصخور العضوية قد لاتنتج قطرة من البترول .

التعرف على صخور المصدر :

إذا أمكن معرفة صخر المصدر بكثير من التأكد فى حقل بترولى فان التغيرات الجانبية فى الصفات المميزة لهذا الصخر تكون فى غاية الاهمية للعثور على البترول ، غير أنه من المؤسف حقاً أن صخور المصدر ليست لها إرشادات تدل عليها ، ورغم احتمال كونها منتجة لكميات ضخمة من البترول فى وقت ما فهى لا تحتوى الآن على أية قطرة منه ، ويستنتج بعض الجيولوجيين من ذلك أن عمليات نشأة البترول وهجرته من الطين الصفحى قد اكتملت أساسيا ، وقد حاول بعض المؤلفين أن يضعوا معايير Criteria لمعرفة صخور المصدر . فقال أحدهم مثلا : إن صخر المصدر يجب أن يكون بين صخر الخزان وأقرب طبقة منفذة مائية Aquifer تقع فوقه أو تحته ، كما اعتبر آخرون أن الصخور الغنية بالطحالب والفورامنفرا هى صخور مصدرية .

وقد قام سنايدر Snider بدراسة واسعة على حقول البترول وعرض مجموعة من النتائج عن صخور المصدر منها : أن صخور المصدر توجد عادة قريبة من صخور الخزان البترولى ، وأن كمية المادة العضوية تختلف كثيرا ، وأن وجود الحقل البترولى المنتج قد يعزى لوجود مادة مصدرية غنية فى منطقة محدودة ، أو يعزى لتجمع البترول من طبقات مصدرية أقل سمكا وأهمية ، ولكنها موجودة فى رقعة أوسع ، وأن الصخر المصدرى الأول هو الطين الصفحى Shale ولونه عادة رمادى غامق أو بنى أسود ، وان الأحجار الجيرية والأحجار الرملية قد تكون صخورا مصدرية كما هى صخور خازنة أيضاً.

الباب الثانى

هجرة البترول

رأينا فى الباب السابق التفسيرات المختلفة لكيفية نشأة البترول ، وأن البترول لا يوجد بكميات تجارية فى نفس الصخور التى نشأ فيها ، ولذا يعتقد أن البترول قد هاجر أولا من صخر المصدر إلى صخر الخزان ، كما أنه هاجر مرة ثانية خلال صخر الخزان إلى أن تمكن من الظهور على السطح ، أو احتجز فى نوع من المصايد الصخرية الطبيعية ، فتعتبر هجرة Migration البترول على ذلك أنها مرحلة فى تاريخ البترول تقع بين نشأته وتجمعه Accumulation .

وتسمى حركة البترول الأولى من صخر المصدر إلى صخر الخزان بالهجرة الأولية Primary migration تمييزا لها عن حركته الأخيرة داخل صخر الخزان المسماة بالهجرة الثانوية Secondary migration التى ينفصل فيها البترول عن الغاز والماء استعدادا لتجمعه فى برك Pools .

وقبل أن نشرح النظريات التى تحاول أن تفسر هذه الحركات يجدر بنا أن نعرض بعض الآراء عن :

١ — الأدلة المعارضة والمؤيدة لهجرة البترول .

٢ — مقدار الهجرة الجانبية والهجرة الرأسية .

أولا — الأدلة المعارضة والمؤيدة لهجرة البترول :

لا يوجد فى الواقع من يعتقد أن كل قطرة من البترول فى صخر الخزان هى من مخلفات كائن حى وجد فى نفس المكان فى وقت ما ، ولكن الاختلاف بين المشتغلين بهجرة البترول هى فى مقدار الهجرة فيعتقد معارضو فكرة الهجرة أن البترول قد . من الصخور المحيطة مباشرة بصخر الخزان بعد أن هاجر مسافة قصيرة ، والمقصود بقصر المسافة هنا هو ما لا يتعدى الميل .

وأهم الأدلة على قصر مسافة الهجرة Short distance migration هو :

١ — ربما كان من أحسن الأدلة على الهجرة القصيرة للبترول هو وجوده فى أجسام عدسية رملية محاطة تماما بطين صفحى سميك أى ليس لهـا أى اتصال منفذ مع مناطق المصدر الخارجة، فيصبح من العسير أن يكون مصدر هذا البترول مكان آخر داخل صخر الخزان نفسه أو داخل الصخور المتاخمة .

٢ — وهناك دليل آخر ضد الهجرة الطويلة للبترول على الأقل عن طريق المستويات الطبقية ، وهو وجود أنواع مختلفة من البترول فى خزانات بترولية موجودة فى طبقات مختلفة متعاقبة فى حقل بترولى واحد ، وهـذا يدل على أنه لم يكن هناك اختلاط بين هذه الأنواع البترولية .

٣ — يعتقد أنه من الصعب تصور هجرة واسعة للحبيبات البترولية المنتشرة فى الفراغات الصخرية إلى طبقات ذات ميل ونفاذية قليلة ، وهى التى توجد فى كثير من المناطق المنتجة للبترول فى العالم، إلا إذا قلت لزوجة Viscosity البترول مع زيادة الحرارة والغاز المذاب التى توجد فى الطبقات العميقة ، وهذه ربما تغير ظروف الهجرة فى الأعماق البعيدة عنها فى الطبقات القريبة من السطح .

٤ — إذا كان البترول يتجمع بعد هجرة طويلة من مصدر بعيد لوجب أن تحتوى كل مصيدة Trap على بترول ، وللزم أن تحتوى صخور الخزان البترولى المملوءة بالمـاء والموجودة تحت البرك البترولية على آثار البترول الذى مر خلالها .

٥ — يتبقى فى الخزان البترولى بعد استخراج كل ما يمكن استخلاصه من البركة البترولية بطريق التدفق Flowing أو التفريغ Pumping العادى بقية من البترول يطلق عليها البترول غير المستخلص Non-recoverable oil ، ويوجد هذا البترول غير المستخلص على شكل كريات معزولة ورقعات غير متصلة ملتصقة بإحكام فى الفتحات الشعرية Capillary openings أو متعلقة على الأسطح المعدنية ، وحيث أن ١٥٪ على الأقل من المحتويات السائلة فى الخزان البترولى يجب أن تكون بترولية لكى يمكن أن يتحرك البترول من البركة إلى البئر ، أو بمعنى آخر : إذا قلت نسبة البترول فى الخزان البترولى

المبتل بالماء عن ١٥٪ فانه – أى البترول – لا يتحرك بسهولة تحت مجالات ضغط بركة البترول Oil Pressure gradient ويبقى كبترول متخلف Residual oil .

فاذا كان الأمر كذلك فكيف يمكن أن تكون هناك أية حركة البترول من منطقة المصدر حيث يوجد البترول مشتتا متناثرا ؟

لقد سقنا فيما سبق بعض الآراء المؤيدة للهجرة القصيرة للبترول ، ونورد فيما يلى بعضاً من الآراء الكثيرة التى تقول بهجرة البترول خلال صخور الخزان المسامية من مصد ره إلى أن يتركز فى منطقة بعيدة للتجمع حيث تتكون البرك البترولية :

١ – استخراج البترول والغاز من البرك البترولية يبين إمكان حركة الغاز والبترول خلال الصخور المنفذة ، ومنها إلى حفرة المثقب Bore hole وتتراوح المسافة التى يقطعها البترول فى هذه الحركة بين نحو $\frac{١}{٨}$ ميل وميل كامل ، وقد تزيد هذه المسافة كثيراً إذا أعطى البترول وقتاً أطول للحركة وفسحة أوسع wider spacing بين آبار الاستخراج .

٢ – وجود النشع البترولى Petroleum seepage دليل على الحركة الطبيعية للبترول ، إذ أن البترول الذى يظهر الآن على السطح لابد أنه هاجر من خزانات بعيدةمدفونة .

٣ – توجــد معظم القرارات البترولية Petroleum deposits ذات القيمة الاقتصادية فى صخور لا يحتمل أنها كانت تحتوى على كائنات المصدر التى نشأ فيها البترول ، ولذا لابد أن يكون البترول قد هاجر من مكان المصدر إلى مكان الخزان ، فالحجر الرملى ، وهو أكثر صخور الخزان البترولى شيوعاً يترسب فى ظروف غير مواتية لنمو وحفظ الكائنات العضوية ، وقد يكون الحجر الجيرى ، وهو الذى يلى الحجر الرملى فى الأهمية كصخر خزانى – عضوياً ولكن من غــير المحتمل أن البترول كان أصيلا Indigenous فى هذا الصخر – إذ أن جزءاً كبيراً من مسامية الحجر الجيرى نشــأت بعد التحجر والظهور Lithification and emergence ، وجاءت نتيجة لتصفية المحاليل

Solution leaching، ومن الصعب أن نتصور بترولا أصيلا فى الأحجار الجيرية ينتظر حتى تتكون الفراغات بفعل تصفية المحاليل ، وحتى فى حالة الفراغات الأصلية فى الحجر الجيرى — كما فى حالة الشعب Reefs — فان البترول قد هاجر إلى المنطقة المسامية من الخارج .

٤ — وجود البترول فى الصخور المتداخلة والصخور النارية دليل قوى على هجرته إلى هذه الأماكن ، إذ من المستحيل أن يكون البترول أصيلا فى هذه الصخور .

٥ — التغيرات الكثيرة التى طرأت على المصيدة البترولية أثناء تاريخها الجيولوجى لابد أنها تغير من وضع البترول فى هذه المصيدة حتى يتناسب البترول من ناحية توازن الجاذبيـــة Gravity equilidrium مع الوضع المتغير للمصيدة .

ثانياً — مقدار الهجرة الجانبية والهجرة الرأسية :

يعتقد البعض أنه نظراً لوجود البرك البترولية واحدة فوق الأخرى فى بعض الحقول مثل حقل باكو فى الاتحاد السوفيتى ، فان البترول الموجود فى البرك القريبة من سطح الأرض قد هاجر إليها رأساً من البرك الموجودة تحتها على أعماق أبعد ، وذلك عن طريق الشقوق والفوالق الموجودة فى الصخور الخازنة، بدلا من أن يكون وجود البترول فى البرك السطحية قد تم عن طريق الهجرة الجانبية Lateral migration . صحيح إن الهجرة الرأســية قد تحدث فى بعض الحقول ،غير أن معظم الأدلة تشير إلى أن الهجرة الجانبية هى الأساسية كما أنه توجد اعتراضات هامة على الهجرة الرأسية ، منها :

١ — أن وجود رمال مشبعة بالماء متداخلة بين تكوينات منتجة للبترول والغاز دليل جيد على عدم حدوث الحركة الرأسية للبترول ، وإلا فكيف نعلل أن البترول لم يترك جزءاً منه أثناء مروره فى الرمال المائية ؟ أوكيف نفسر أن البترول قد مر فى بعض الرمال المائية واحتجزه البعض الآخر ؟

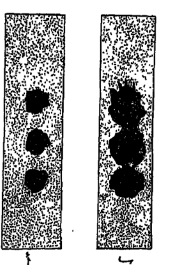
٢ — يدل الاختلاف فى نتائج تحليل البترول الموجود فى رمال مختلفة على عدم وجود صلة حالية بين هذه الأنواع المختلفة من البترول .

٣ — يدل إحكام إغلاق Scaling كثير من المصايد البترولية بواسطة الفوالق، على أن الفوالق لا يمكن اعتبارها عامة الممرات لهجرة البترول ، وإن كان من المحتمل أن الفوالق والشقوق قد سمحت ببعض الهجرة الرأسية فى وقت من الأوقات قبل إحكام غلقها .

١ ـ نظريات الهجرة

١ — التعويم Flotation :

تعتمد هذه النظرية على أساس الجاذبية ، فالبترول أثقل من الغاز وأخف من الماء ، وهذا المعيار يكفى عند بعض المشتغلين فى تفسير حركة البترول أثناء عمليات الهجرة الأولية والثانوية . ولكن هذا التفسير يتجاهل الخلاف الواضح بين حركة السوائل خلال مسام الصخور وتأثير الجاذبية فى فصل السوائل ذات الكثافة النسبية المختلفة ، فالمسام الصخرية تعتبر كمجموعة معقدة من




(شكل ٢)

يبين مراحل متعاقبة فى تجربة توضح تأثير التعويم : ففى ثلاثة صناديق زجاجية مستطيلة مقاسات كل منها ست أقدام فى الارتفاع وأربع بوصات فى العرض وقدم فى الاتساع ممتلئة برمل مشبع بالماء — يحقن الصندوق (أ) بثلاث بقع زيتية بين كل واحدة والأخرى بضع بوصات — ثم تزاد كمية البترول فى الصندوق (ب) الى أن تلتحم البقع البترولية فيلاحظ بدء صعود أصابع بترولية فى أعلى البقع البترولية فى الصندوق (ب) ثم استمرار صعود كل الكتلة البترولية الى أن تشغل كل أعلى الصندوق جـ

(عن ليفورسن ١٩٥٦)

ممرات دقيقة شعرية متصلة حول وبين الحبيبات الصخرية — ولابد أن سريان البترول خلال هذه الأنابيب الشعرية المشبعة بالماء يثير صعوبات واضحة، نظراً للتوتر السطحى Surface tension ، إذ أن أى قطرة من البترول لا تمكنها الحركة إلا إذا كانت قوة طفوها أكثر من قوة التوتر السطحى ، ولا يتوافر هذا إلا فى القطرات التى يصل قطرها إلى ١ مم أو أكثر ، أما فى حالة القطرات الصغيرة فان تأثير التوتر السطحى يزيد على قوة الجاذبية وتظل قطرة البترول بدون حركة . وقد أثبتت التجربة أن التأثير الانفصالى الساكن للجاذبية يمكن حدوثه مع الحريت الخشن الذى حجم حبيباته بين ٢و٣ مم أى مساحته الشعرية بين ٢٫/١ و ١م ، وهذا أكثر خشونة من الرمل العادى ، وذلك يؤيد أن التفرقة الساكنة للبترول من الماء بالطفو أو بالجاذبية لا يمكن حدوثها فى الرمل أو فى الطين .

٢ — الخاصة الشعرية Capillarity :

تبنى هذه النظرية على أساس أنه فى مزيج مكون من البترول والماء يميل البترول ، وهو ذو توتر سطحى منخفض Lower surface tension ، للسريان فى الصخور ذات المسام الشعرية المتسعة ، بينما يميل الماء — وهو ذو توتر سطحى أكثر ارتفاعاً — للسريان فى الصخور الدقيقة الحبيبات .

وتشمل القوى المشتركة فى هذه العمليات الضغوط الشعرية Capillary Pressures تقاومها الضغوط الإزاحية Displacement pressures ، فإذا تلامس مثلا طين صفحى وحجر رملى وكان كل منها يحتوى فى الأصل على بترول وماء فى حالة متصلة Continuous phase ، فان الضغط الشعرى فى الحجر الرملى ، وهو أقل منه فى الطين الصفحى ، نظراً لاتساع فتحاته المسامية Pore openings ، يسبب امتصاص الطين الصفحى للماء من الرمل ودفعه فى الوقت نفسه بتروله إلى الرمل بحيث تتبادل المياه الموجودة أصلا فى الرمل مع الزيت الموجود من قبل فى الطين الصفحى .

ونلاحظ كذلك أنه إذا وضعت كرة طينية مشبعة بالبترول فى إناء به ماء فإنها تخرج ما بها من بترول وتمتص الماء من الإناء ، لأن الزيت والماء كانا فى حالة متصلة Continuous phase

ويعتقد على ذلك أن الضغوط الشعرية يمكن أن تفسر بعض الحركة السائلية داخل صخر الخزان — ولكن هذه الحركة لا تعدو أن تكون محدودة فى أماكن تلامس البترول والماء أو إعادة التوزيع الجزئى للماء والبترول بين الأجزاء الدقيقة الحبيبات من صخور الخزان — أما أهم تأثير للخاصة الشعرية فهو فى وضع البترول فى التكاوين المنفذة بحيث يسهل عليه الهجرة بعد ذلك بطرق أخرى .

وقد أجريت عدة تجارب معملية لاختبار هذه النظرية والتحقق من أن انفصال البترول عن الماء يتم تبعاً لميل البترول للسريان فى المسام الشعرية المتسعة رغماً عن العلو والتركيب — وكانت هذه التجارب مبنية على أساس توصيل رمال دقيقة مشبعة بالبترول برمال خشنة مشبعة بالماء ودراسة حركة السوائل التى تحدث بينهما .

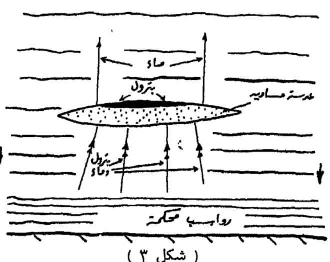
٣ — التيارات المائية (الهيدروليكية) والإحكام

Hydraulic currents and compaction :

تقوم هذه النظرية على أساس أن هجرة البترول تحدث تحت التأثير الشدى للتيارات المائية قبل أن تحكم الرواسب المتجمعة .

فعندما يستمر ترسب مجموعة كبيرة من الرواسب فوق قاع بحرى مستمر الهبوط فإن تزايد وزن هذه الرواسب فوق الطبقات السفلية يؤدى إلى تعرض الرواسب لضغط عمودى متزايد يؤثر بدرجات مختلفة على الطبقات المتباينة ، فانه بينما تقاوم حبيبات الكوارتز الموجودة فى الرمال الضغط مقاومة شديدة قبل أن تسحق وتقلل بذلك مسامية الرمال — نجد أن الصلصال Clay وهو الذى يتكون من مزيج من الغرين ومعادن قشرية Flaky minerals وغرويات يمكنه الانضغاط كثيراً لنحو ربع حجمه الأصلى وقت الترسيب ، كما يمكنه أن يمتص كمية كبيرة من الماء الذى يخرج بعد ذلك تحت تأثير ضغط الرواسب المتراكمة .

فإذا خرجت المياه من الصلصال تحت تأثير ضغط حمل الرواسب التى تعلوه فإنها تسير إلى أقل المسالك مقاومة ، وهى الرمال المجاورة بدلا من أن تسلك الطريق الطويل إلى السطح .



(شكل ٣)
يمثل صيد البترول فى عدسة رملية أثناء الاحكام
(عن تيراتسو ١٩٥١)

فإذا كانت الطبقات الصلصالية المنضغطة تحوى بترولا فإن البترول يعصر منها تحت تأثير الضغط الناشئ من استمرار تراكم الطبقات فوقها وتخرج معه المياه كذلك، ويسرى الاثنان معاً فى تيارات الإحكام Compaction currents إلى الرمال المجاورة ، ومنها تسير المياه إلى الطبقة المسامية التالية ثم إلى السطح ، ويبقى البترول فى الرمل الخشن ويصعب عليه الخروج منه بعد ذلك، ويعمل السطح الفاصل بين الرمل الخشن والصلصال الذى يعلوه كنوع من المصفاة Filter تسمح للمياه بالمرور للخارج ، بينما تحجز البترول داخلها .

وتوجد أدلة حقلية عديدة تبين أن كميات قليلة من البترول تحمل فعلا مع المياه المتحركة ، فمن هذه الأدلة النشوع Seepages والينابيع التى تخرج فيها كميات كبيرة من المياه مصحوبة بكميات قليلة من البترول والغاز ، والكميات الضئيلة من البترول المصاحبة للكميات الضخمةمن الماء التى تنتجها بعض الحقول وخاصة فى مراحل إنتاجها الأخيرة .

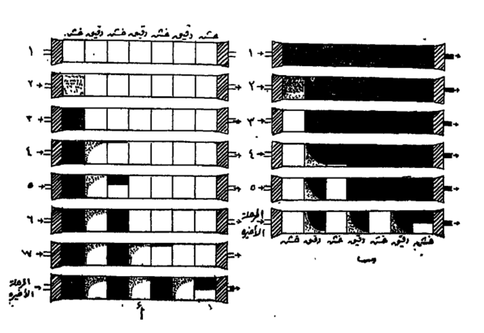
وقد أمكن إثبات هذه الخاصية فى المعمل بالتجربة الآتية :

توضع طبقات متبادلة من الرمال الخشنة والدقيقة التى سبق غسلها وبلها بالماء فى أنبوبة زجاجية طولها ١٢ بوصة وقطرها بوصتان ، ثم يمرر بترول وماء من خزانين على ارتفاع واحد إلى غرفة مزج وينظم سريانهما بحيث يكون السائل الداخل إلى الأنبوبة مكوناً من ٩٠٪ منماء وعشرة فى المائة بترولا ،

فيلاحظ بعد سير السائل أن الطبقة الرملية الخشنة الأولى ش١ تصبح سوداء تدريجياً، بينما تبقى باقى الأنبوبة صافية فلا يمر البترول بعد الحد الفاصل بين ش ١ ، د١ (وهو القطاع الممتلئ بالرمل الدقيق) إلى أن تصبح ش١ تامة السواد والتشبع ، وعندئذ يبدأ البترول فى المرور من ش١ إلى أعلى القطاع د١ ثم إلى ش٢ ليحدث بها ما تم فى ش١ ، وتتكرر هذه العملية حتى تمتلىء كل القطاعات ش١ ، ش٢ ، ش٣ وتتشبع بالبترول ثم يبدأ ظهوره بعد ذلك مع الماء الخارج من الفتحة الأخرى من الأنبوبة .

ولكى نثبت أن نجاح هذه التجربة لا يعزى إلى تأثير التوتر السطحى تعاد هذه التجربة ، على أن توضع فى الأنبوبة رمال مبللة بالبترول ويمر بها سائل محتو على ١٠٪ ماء و ٩٠ ٪ بترول فتبدو الأنبوبة كما فى الشكل ٤ ب .

ومعنى هذا أنه فى مزيج من البترول والماء لا يدخل السائل الثانى وسطاً دقيق الحبيبات بلله السائل الأول حتى يتم تشبع الوسط الخشن وحتى يبنى ضغط حرج بين سطحى الوسطين .



(شكل ٤)
يبين هجرة البترول مع التيارات المائية (عن تيراتسو ١٩٥١)

٤ – نظرية تمدد الغاز :

يعتبر تمدد الغاز المضغوط (الذى يوجد فى معظم البرك البترولية والذى يتميز بلزوجة شديدة الانخفاض وخفة Buoyancy عالية بالنسبة للبترول والماء ، ويتأثر أكثر منهما بتغيرات الحرارة والضغط) عاملا هاماً فى حركة البترول من صخر الخزان إلى حفرة الثقب Bore hole ، وقد أجرى بعض الباحثين تجارب عديدة لدراسة حركة الزيت فى وجود الغاز فتبين من بعضها أنه إذا ما دفع الماء – المذابة به كمية قليلة من الغاز – فى رمال مشبعة بالماء منتشر بها بترول فان البترول يهاجر بسرعة إلى أعلى الأماكن ذات الميول المنخفضة Up low dips .

وقد وجد ميلز Mills أثناء إجرائه بعض التجارب على الغاز والبترول المنتشرة فى رمال مشبعة بالماء وموضوعة فى أوان زجاجية مقفلة ، تشقق هذه الأوانى الزجاجية عدة مرات وخروج الغاز المتمدد الناتج عن تقليل الضغط من الزجاج المكسور ومعه بعض الزيت والماء واستمرار هذا حتى تعادل الضغط ، وفسر ميلز ما حدث بانتشار الغاز الواقع تحت الضغط فى الماء والزيت عند خلطه بهما وتمدده عند ما يقل الضغط عليه بعد كسر الأوانى الزجاجية وخروج الزيت معه إلى مكان الضغط المنخفض .
و خلط ميلز فى تجربة أخرى البترول بسائل متخمر يتكون من ماء وعصير تفاح وسكر وخميرة ووضعها فى ست زجاجات محكمة الغطاء بها رمل دقيق مشبع بالماء لمدة ثلاثة أيام ، فلم يلاحظ إلا انفصالا بتروليا بسيطا ، ثم عمل ثقباً واحداً فى غطاء كل من الزجاجات الست الممتلئة بالرمل بدرجات متفاوتة ، فلاحظ خروج الغاز مباشرة من كل ثقب وتبعته حركة البترول إلى أعلى منفصلا عن الماء وعالياً عليه ، ثم خروج الزيت بعد دقيقتين ومعه قليل من الماء من ثقوب كل الزجاجات بكيفية واحدة .

الباب الثالث

تجمع البترول

Petroleum accumulation

يعتقد معظم الجيولوجيين فى الوقت الحاضر بوجود تعاقب من ثلاث مراحل هى نشأة وهجرة وتجمع البترول :

١ — مرحلة النشأة Origin : وفيها تترسب تجمعات من المادة العضوية تنتشر فى الطين أو فى الرواسب الدقيقة الحبيبات .

٢ — مرحلة الهجرة الأولية Primary migration : وفيها تتحرك المادة العضوية أو البترول من الطين الصفحى أثناء إحكامه Compaction بزيادة الثقل عليه، إلى صخور الخزان المجاورة المسامية المنفذة ، مثل الحجر الرملى ، والصخور الجيرية .

ويبدو أن هذه المرحلة تحدث مبكراً أثناء بين التكوين Diagenesis ولكنها قد تتأخر لتحدث فى أى وقت بعد ذلك .

٣ — مرحلة الهجرة الثانوية Secandary migration والتجمع Accumulation : وتشمل كل العمليات التى تمت منذ الوقت الذى وصل فيه البترول للصخور المسامية إلى الوقت الحالى، حيث تنقل عمليات الهجرة الثانوية البترول بمجرد وصوله لصخور الخزان خلال الصخور المنفذة إلى المصايد Traps حيث تعوق حركته بعد ذلك وتتكون البرك — وتحدث عمليتان انفصاليتان للزيت عن الماء المالح—كلتاهما ديناميكية Dynamic وتعتمد العملية الأولى على التغيرات الصخرية Variations in litholgy، وتعتمد الثانية على التغيرات فى الميل، وهاتان العمليتان الانفصاليتان هما : صيد Trapping وتركيز البترول بعملية ترشيح اختلافى Differential filtration فى الصخور المسامية التى تقع فى طريق تيارات الإحكام وهجرته أعلى الميل Up-dip فى الأفق المنفذة Permeable horizons ونرى بذلك أن تجمع البترول يمكن حدوثه تحت مجموعتين من الظروف :

(ا) حيث تحتوى الطبقات المجاورة لصخور المصدر العضوية على رواسب أكثر مسامية ونفاذية من الصخور المحيطة بها .

(ب) حيث يوجد تغير ملحوظ فى ميل طبقة منفذة لتهاجر فيها تيارات الإحكام،

فهذه الظروف الصخرية Lithological والتركيبية Structural هى العوامل الأساسية التى تتحكم فى تجمع البترول .

ويجدر بنا قبل معرفة نظريات التجمع أن ندرس الظروف التى يمكن أن يتجمع فيها البترول ، وذلك بالإلمام التام بصخور الخزان Reservoir rocks وسعات مسام الخزان Reservoir pore spaces ومصايد الخزان Reservoir traps وأخيرا البركة البترولية Petroleum pool والخواص الطبيعية للسوائل والغازات الموجودة بها التى تسود الخزانات البترولية .

خزان البترول Petroleum reservoir :

يعرف الجزء الموجود تحت سطح الأرض الذى يحتوى على بترول وغاز بخزان البترول ، وهو الذى يحتوى على البركة البترولية أو الغازية :

ويتكون خزان البترول أو الخزان من ثلاثة عناصر أساسية هى :

١ — صخر الخزان Reservoir rock :

وهو المادة الحاوية للبترول . ولتكوينه Compositsion ونسيجه Texture وتواصله Continuity أهمية قصوى فى جيولوجيا البترول .

٢ — سعة المسام Pore space أو المسامية Porosity : وهو الجزء الصالح لهجرة وتجمع وتخزين البترول ، ويعبر عنها كنسبة مئوية من الحجم الكلى للصخر .

٣ — مصيدة الخزان Reservoir trap التى تحتجز البترول والغاز محلها حتى يحصل عليه بالحفر Drilling لها غطاء غير منفذ Impervious يكون صخر السطح Roof rock الذى يعلوها ويغلق الصخر المسامى المنفذ المحتوى على البترول والغاز .

ويحد الخزان من أسفل جزئيا أو كليا مستوى اتصال الزيت والغاز مع المياه الجوفية التى تستقر فوقها البركة البترولية ، ويعرف بالاتصال الزيتى — المائى Oil-water contact أو منسوب الماء — الزيت Oil-water table

أولا : صخر الخزان :

يمكن القول بأن أى صخر يحتوى على مسامات متصلة يصلح أن يكون صخرا خزانيا ، غير أن الأغلبية الكبرى من الخزانات توجد فى صخور رسوبية غير متحولة معظمها من الحجر الرملى ، الحجر الجيرى والدولومايت ، كما يعرف عن الطين الصفحى والصخور النارية كونها صخور خزانية فى أحوال نادرة غير عادية .

وقد يحد صخر الخزان بالمنطقة التى توجد فيها البركة البترولية ، ولكنه قد يستمر محتفظا بخواصه الصخرية والطبيعية لمسافات بعيدة عن البركة .

وتقسم أنواع الصخور الخزانية بعدة طرق بعضها وصفى Descriptive والبعض نشئى Genetic ، وهى فى الواقع تقسيمات للصخور الرسوبية حيث أن معظم الصخور الخزانية ذات نشأة رسوبية .

ويجب أن تكون تقسيمات الصخور الخزانية بسيطة وعريضة بقدر الإمكان حتى يمكن أن تكون التعبيرات التى يستعملها جيولوجى البترول مفهومة للحفارين والمهندسين المشتغلين معه ، فكثير من الاصطلاحات التى تعتبر أوصافا علمية صالحة وذات معان واضحة ثابتة لدى الجيولوجيين ، لا يرحب بها فى صناعة البترول. وقد قدم ليفورسن ١٩٥٦ تقسيما بسيطا عريضا أوليا لصخور الخزان مبنيا على نشأة الصخر ينحصر فى ثلاث مجاميع :

(ا) صخور خزانية فتاتية Reservoir fragmental or clastic rocks :

تسمى هذه الصخور بالفتاتية ، لأنها تتكون من دقيقات صخرية ومعدنية نقلت من مناطق سبقت تعريتها وتفتيتها ، وتختلف صفاتهـــا تبعا لعوامل متعددة مثل طبيعة المادة المنحوتة والمسافة التى نقلتها ، والمناخ وعوامل النقل (أنهار أمواج — تيارات — رياح) كما تتوقف على الظروف الكيميائية فى منطقة الترسيب وعلى بعدها عن الشاطئ ومقدار عمق المياه الخ .

ويعتبر الحجر الرملى والكونجلوميرات والاركوز Arkose والجريواكى وحجر الغرين Siltstone أكثر الصخور الفتاتية المكونة لصخر الخزان شيوعا ، فهى تكون ما يقرب من نصف كل الصخور الخزانية المعروفة .

ومعظم الصخور الخزانية الفتاتية سيليسية ، ولكن كثير منها جيرى مثل الصخر

الاووليتى Oolites ، والصخر القشرى Coquinas المتكونة من قطع اووليتية أو قشرية سمنتت Cemented أو تبلورت بدرجة بسيطة .

(ب) صخور خزانية كيميائية Chemical reservoir rocks :

تتكون هذه الصخور من مواد معدنية ترسبت فى المكان الذى تكونت فيه الصخور ولم تنقل بالطريقة التى تنقل بها الصخور الجيرية الفتاتية .

وأهم الصخور الخزانية الكيميائية هى الرواسب الجيرية وأهمها الحجر الجيرى والدولوميت ، كما تتكون بعض الخزانات من صخور جيرية ورواسب سيليسية ممتزجة بعضها ببعض لتكون حجراً جيرياً تشيرتيا أو سيليسيا أو دولوميتيا تشيرتيا أو سيليسيا .

(جـ) صخور خزانية متنوعة Miscellaneous reservoir rocks :

تشمل هذه المجموعة الصخور النارية والمتحولة ، أو مزيجاً منهـــا وتكون المعقدات القاعدية Basement complexes ، وليس لهذه الصخور قيمة اقتصادية بترولية تذكر .

وتسبب الصخور النارية الموجودة فى الحقول البركانية Volcanic fields كثيراً من المعضلات الكشفية ولم تقدر تماما بعد تأثيراتها على تجمع البترول والغاز .

وتشمل هذه الحقول البركانية هضبة كولومبيا فى واشنجتون وأوريجون والرواسب البركانية الممتدة فوق جبال الروكى إلى كولومبيا البريطانية وإلى ألاسكا وحقل المكسيك أريزونا البركانى ، ومصايد ديكان Deccan traps فى الهند وحوض بارانا فى أمريكا الجنوبية الخ .

وجدير بالذكر أن وجود المياه الارتوازية الجوفية فى كثير من الطفوح النارية والصخور المتحولة المتعرية يبين نفاذية فراغاتها المسامية المتصلة ، ويعنى ذلك أن البترول والغاز قد يوجدان فى الصخور النارية الجوفية والسطحية تحت ظروف خاصة ، كما أن وجود طفوح الحمم Lava flows لا يستبعد وجود البترول فى الصخور الرسوبية التى تحتها ، وقد تنتج هذه الرواسب بترولا بمجرد اختراق المجموعة الصخرية البركانية .

ثانيا : سعة مسام الخزان Reservoir pore space :

تعتمد عمليات هجرة وتجمع البترول اعتماداً وثيقا على خاصتين طبيعيتين للصخور هما المسامية والنفاذية Permeability فالمسامية خاصية أساسية لصخر الخزان ، إذ يجب أن يحتوى الصخر على مسام أو فراغات لها أحجام وصفات معينة تسمح باختزان الزيت والغاز فى البرك ، وتكون ذات اتساع كاف يمكن من استخراج الزيت الموجود بها ويجب أن تكون المسام متواصلة Interconnected أى يكون الصخر منفذا حتى يمكن للزيت والغاز المرور خلاله وإلا صعب أو استحال تجمعهما فى برك ولاستعصى كذلك إنتاج البترول من الآبار بعد حفرها إلى أماكن تجمعه ، فحجر الخفاف Pumice مثلا لا يصلح أن يكون خزانا بتروليا جيدا نظراً لأن الجزء الأكبر منه يتكون من سعات مسامية غير متواصلة .

كما أن الطين الصفحى المتوسط لا يصلح أن يكون صخرا خزانيا نظراً لصغر مسامه المتناهى بحيث تمسك السوائل بالحبيبات المعدنية للصخر بجذب شعرى فعال Capillary attraction .

ويمكن أن يعتبر كل سمام Pore من مسام صخر الخزان كأنه عينة دقيقة من الخزان وبركته البترولية ، أوكأنه معمل فيزيائى وكيميائى دقيق حيث تحدث عمليات كيميائية وعلاقات فيزيائية متعددة ، ويصبح السمام الفردى وما يحويه من سوائل وظواهر مصاحبة هو الوحدة البانية للبركة البترولية أو الخزان إذا ماتكررت بلايين من المرات لا حصر لهـا ، وتصبح هذه الوحدة بذلك فى غاية الأهميـة لجيولوجى ومهندس البترول ، وتسمى دراسة سعة السمام وخصائصها بفيزياء الصخر Petrophysics .

ويمكن ملاحظة أشكال وأحجام بعض المسام الفردية فى العينات الاسطوانية أو اللبيه Cores ,وقطع الآبار Wells cuttings بالعين المجردة ، غير أن كثيرا من المسام لا تمكن رؤيته إلا بالميكروسكوب وبعضها هو دون ذلك فى الحجم ، كما أنه تمكن رؤية المسام الممتلئة بالزيت تحت الأشعة فوق البنفسجية .

وتنشأ الهيئة المسامية Pore pattern من التفاعل المعقد للعوامل المختلفة التي تؤثر في مسامية صخر الخزان .

وتشمل الهيئة المسامية حجم السمام وشكله وطبيعة الاتصال بين المسام وصفة جدرها وتوزيع عدد المسام الكبيرة وعلاقاتها بعضها ببعض .

وتتراوح أحجام المسام من بين فتحات تحت الشعرية Sub - capillary وتحت المجهرية Sup-microscopic إلى الفتحات الشعرية الحجم وفجوات المحاليل في الصخور الجيرية .

كما يختلف شكل السمام من أنبوبي Taoular كالأنبوبة الشعرية إلى عقيدى Nodular أو قد تكون السمام مسطوحة Tabular رقيعية اتساعها بين ٥٠ و ١٠٠ مرة أكثر من سمكها ، ويختلف تركيب جدار السمام من كوارتز نقي إلى تشيرت أو كالسيت وقد يغطى بدقيقات معادن صلصالية ثانوية مسطوحة أو شظيات صخرية .

وتنشأ الهيئة المسامية للصخر الفتاتي للخزان من عدة خصائص بتروجرافية تشمل ما يلي :

١ — الحبيبات وتنوعاتها من ناحية الشكل ، والحجم ، والتصنيف ، والتركيب الكيميائي والمعدني .

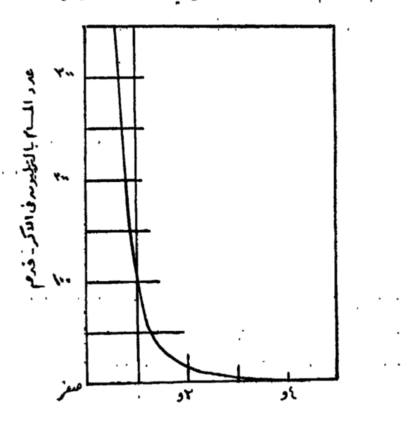
٢ — دقيقات الفرجات Matrix : وهي دقيقات صغيرة الحجم بالنسبة للحبيبات Grains تملأ الفرجات الموجودة بين الحبيبات الكبيرة ، وقد تتكون من نفس المعادن التي تكون الحبيبات ، أو من معادن أخرى مغايرة أو من خليط من الصنفين . وهو الأكثر شيوعا .

٣ — المادة اللاصقة أو السمنت Cement وصفاتها وتركيبها وكميتها وتوزيعها بالنسبة للحبيبات ولدقيقات الفرجات .

تعتمد الهيئة المسامية للصخر الكيميائي للخزان على عدة عوامل أهمها :

١ — الكسور والفواصل .
٢ — المحتويات الحفرية .
٣ — الذوبان وإعادة الترسيب .
٤ — إعادة التبلور .
٥ — المحتويات الصلصالية .
٦ — المستويات الطبقية ؛
٧ — المحتويات الدولوميتية :

ويصل عدد المسام فى الأيكر—قدم وهو حجم مساحة ١أيكر (٤٣٦٥٠ قدما مربعة) سمكها قدم واحدة أو ٤٣٥٦٠ قدما مكعبة ، للصخر الخزانى المتوسط إلى حد ضخم يتراوح بين تريليون و ١٠٠٠ تريليون Trillion وتتراوح أقطار المسام فى معظم خزانات الحجر الرملى بين ٢٠ و ٢٠٠ ميكرون .



(شكل ٥)
عدد المسام المرجح فى الايكر — قدم للاحجام المختلفة من دقيقات صخر الخزان (عن ليفورسن ١٩٥٦)

المسامية Porosity :

المسامية هى النسبة المئوية لسعة مسام Pore space صخر الخزان إلى حجمه الكلى ، ويلزم لتعيينها تقدير قياسين هما : حجم المسام وحجم الصخر الكلى حسب المعادلة التالية :

$$\text{النسبة المئوية للمسامية} = \frac{\text{حجم المسام}}{\text{حجم الصخر الكلى}} \times ١٠٠$$

ويوجد نوعان لمسامية الصخر يسمى أحدهما المسامية الكلية Total porosity وهى النسبة المئوية لحجم كل المسام الموجودة فى وحدة من الصخر إلى حجمها الكلى الخارجى ، ويسمى النوع الآخر المسامية الفعالة Effective Porosity وهى النسبة المئوية لكل المسام المتواصلة Interconnected pores لوحدة صخرية إلى حجمها الخارجى الكلى ، وتكون هذه عامة أقل بنسبة تتراوح بين ٥٪ و ١٠٪ من المسامية الكلية ، وتتوقف عليها نفاذية Permeability الصخر ، ومن الواضح أن قيمة المسامية الفعالة هى التى تهم فى هجرة البترول وتجمعه ، فالصخر الذى تكون له مسامية كلية عالية ومسامية فعالة منخفضة مثل حجر الخفاف Pumice قد يتشبع بالبترول دون أن يمكن استخراجه منه ، حيث أن الزيت لا يجد فى الصخر طريقا يسير خلاله إلى بئر تحفر فى الطبقة الحاوية له .

وتتراوح مسامية معظم الخزانات البترولية بين ٥٪ و ٤٠٪ وتقع غالبا بين ١٠٪ و ٢٠٪ ولا يعتبر الخزان عامة له قيمة تجارية إلا إذا كانت مساميته أعلى من ٥ ٪ إلا إذا كانت هناك عوامل أخرى معوضة مثل وجود الشقوق أو الكهوف التى لا تظهر فى القطاعات الصغيرة من الصخر التى تتبين فى العينات الاسطوانية أو حفرة البئر .

وتطلق الاصطلاحات الحقلية الآتية على النسب التالية :

مهملة	Negligible	صفر — ٥ ٪
ضعيف	Poor	٥ — ١٠٪
متوسط	Fair	١٠ — ١٥٪
جيد	Good	١٥ — ٢٠٪
جيد جدا	Very good	٢٠ — ٢٥٪

طرق تعيين المسامية

تعتمد طرق تعيين المسامية على طبيعة الصخر ، فهى فى الصخور المجمدة Consolidated غيرها فى الصخور غير المجمدة .

(أ) تعيين مسامية الرمال غير المجمدة :

تنظف العينات التى يراد قياس مساميتها أولا من أية مواد قارية Bitumen تكون عالقة بها باستخلاصها فى جهاز سوكسلت Soxhlet apparatus باستعمال ثانى كبريتيد الكربون أو البنزين Benzene أو الكحول كمذيبات .

ويجفف الرمل المنظف بعد ذلك فى فرن على درجة حرارة ١١٠ مئوية ، ثم يصب بعد أن يبرد من قمع تدريجى فى قارورة زجاجية جافة نظيفة وذات غطاء من الزجاج المصنفر سبق وزنها فارغة ثم مملوءة بماء مقطر فى درجة ١٥° م مع مراعاة قرعه بخفة باستمرار طوال عملية ملء القارورة حتى نتأكد من تساوى كبس الرمل

وتوزن القارورة بعد ملئها بالرمل ، فيمكن حساب مسامية الرمل من نتائج الأوزان الثلاثة بالكيفية الآتية :

فاذا كان ث = الثقل النوعى للرمل المستعمل

و١ = وزن الزجاجة فارغة .

و٢ = وزن الزجاجة مملوءة بالماء المقطر .

و٣ = وزن الزجاجة مملوءة بالرمل

فان وزن الرمل = و٣ — و١

$$\text{وحجم الرمل} = \frac{(\text{و}_3 - \text{و}_1)}{\text{ث}}$$

وحجم الرمل + المسام = و٢ — و١

$$\text{فيكون حجم المسام} = (\text{و}_2 - \text{و}_1) - \frac{(\text{و}_3 - \text{و}_1)}{\text{ث}}$$

وحيث ان المسامية هى= $\frac{\text{حجم المسام} \times ١٠٠}{\text{الحجم الكلى}}$

فهى = $\frac{(و_٢ - و_١) - \frac{(و_٣ - و_١)}{ث}}{(و_٢ - و_١)} \times ١٠٠$

(ب) تعيين مسامية الصخور المجمدة :

١ — المسامية الكلية Total porosity :

يعين الحجم الكلى للعينة الصخرية إما بالقياس إذا كانت ذات أبعاد منتظمة ، أو بالازاحة السائلية Liquid displacement .

فإذا كان الحجم بالقياس = ح ، $و_١$ = وزن العينة الصخرية فى الهواء .
وث = ثقلها النوعى .

فإن المسامية = $\frac{\text{حجم سعة المسام}}{\text{الحجم الكلى للعينة الصخرية}} \times ١٠٠$

= $\frac{ح - \frac{و_١}{ث}}{ح} \times ١٠٠$

ولتعيين الحجم بالازاحة السائلية تغطى عينة الصخر بطبقة رفيعة متساويه من الشمع المصهور ثم توزن بعد ذلك فى الهواء ثم فى الماء .

فإذا كان $و_١$ = وزن العينة الأصلية فى الهواء .
$و_٢$ = وزن العينة المغطاة بالشمع فى الهواء .
$و_٣$ = وزن العينة المغطاة بالشمع فى الماء .
ث = الثقل النوعى للعينة الصخرية
$ث_١$ = الثقل النوعى للشمع .

فإن الحجم الكلى = (الوزن فى الهواء — الوزن فى الماء) — حجم الشمع

$$= \text{و}_{2} - \text{و}_{3} - \frac{(\text{و}_{2} - \text{و}_{1})}{\text{ث}}$$

$$\text{والمسامية} = \frac{\text{و}_{2} - \text{و}_{3} - \frac{(\text{و}_{2} - \text{و}_{1})}{\text{ث}_{1}} - \frac{\text{و}_{1}}{\text{ث}}}{\text{و}_{2} - \text{و}_{3} - \frac{(\text{و}_{2} - \text{و}_{1})}{\text{ث}_{1}}} \times 100$$

٢ — المسامية الفعالة Effective porosity :

تقاس المسامية الفعالة لعينة صخرية بتعيين حجم السائل أو الغاز فى مسامها تحت ظروف معروفة .

(أ) طريقة الامتصاص السائلى Liquid absorption method :

تعتمد هذه الطريقة على أساس أن نجعل حجما معينا من الصخر يمتص أكبر حجم من سائل غير متفاعل مثل البنزين Benzene ثم يقاس حجم هذا السائل فيكون هو حجم المسام المتصلة .

ويستعمل فى هذه الطريقة بيكنومتر يعين حجمه بوزنه ممتلئاً بسائل ذى ثقل نوعى معروف ، ثم توضع العينة الصخرية فى البيكنومتر الفارغ ثم يعاد وزنه .

ويفرغ البيكنومتر بعد ذلك وهو فى درجة حرارة ١١٠ م بوضعه فى حمام جليسرينى لاخراج أية رطوبة .

ويملأ البيكنومتر بعد أن يبرد بالبنزين ببطء لتفريغ البيكنومتر ونظراً لتفريغ البيكنومتر فان البنزين يدخل إلى جميع الفراغات المتصلة بالعينة الصخرية . ويعاد وزن البيكنومتر بما فيه بعد أن يبرد .

فإذا كان حجم البيكنومتر : ح_{1}

وكان وزن العينة الصخرية والبيكنومتر الفارغ هو : و_{1}

وكان وزن البيكنومتر مملوءاً بالبنزين والعينة الصخرية فى درجة حرارة الغرفة هى : و_{2}

وكان الثقل النوعى للبنزين فى درجة حرارة الغرفة هو $ث_١$

فإن وزن البنزين الموجود فى العينة الصخرية والموجود فى البيكنومتر $= و_٢ - و_١$.

وحجم البنزين فى العينة الصخرية والبيكنومتر $= \frac{(و_٢ - و_١)}{ث_١}$

وحيث أن حجم الزجاجة — حجم البنزين = حجم الدقيقات الصخرية + سعة المسام غير الفعالة $= ح_١ - \frac{(و_٢ - و_١)}{ث_١}$

وحيث أن $ح_٢$ = الحجم الكلى فإن مسامية الصخر =

$$\frac{ح_٢ - ح_١ + \frac{(و_٢ - و_١)}{ث_١}}{ح_٢} \times ١٠٠$$

(ب) طريقة التمدد الغازى Gas expansion method :

يتكون جهاز التفريغ Exhaustion apparatus المستعمل من وعاء مانع للهواء س، يصله صمام فى أنبوب(ا) بالهواء الجوى وبغرفة التمدد (ى)، ويصل هذه زئبق متحرك (ذ) له أنبوبة مانومتر (ت) متصلة بمقياس مثبت (ش).

ويمكن توصيل س ،ى عن طريق الصمامين (ا)،(ب) إلى مضخة تفريغ Vacuum pump حتى يمكن تفريغها من الهواء، ويلاحظ أن أهم عامل فى تصميم هذا الجهاز هو النسبة بين وعاء العينة وغرفة التمدد .

وتوضع العينة الصخرية النظيفة الجافة فى الوعاء (س) المانع للهواء ثم يحكم غطاؤه .

ويفتح الصمام للهواء الجوى ثم يغلق للتأكد من وجود الوعاء س تحت الضغط الجوى ، ثم يدار الصمام (أ) ليعزل (س) عن غرفة التمدد ى ،وعند ما تصل المضخة إلى نهاية تفريغها يغلق الصمام ب ويحرك سطح الزئبق فى ساق المانومتر المفتوحة إلى علامة ثابتة بتحريك الخزان الزئبقى (ز) ، ويلاحظ الفرق

فى مستوى الزئبق فى الساقين بواسطة المقياس، فيكون هو الفرق فى الضغط . يحرك الصمام (ا) بعد ذلك لكى تصل س ، ى فيزداد الضغط بوضوح فى (ى) ثم يلاحظ الفرق الجديد فى الضغط ، وبعد أن يعود الزئبق فى الأنبوبة المفتوحة إلى علامة الصفر بتحريك الخزان (ز) تكرر العملية عدة مرات إلى أن نحصل على نتائج ثابتة .

فإذا كان ح١ = الحجم الداخلى للوعاء س والتوصيلة إلى (ا) .

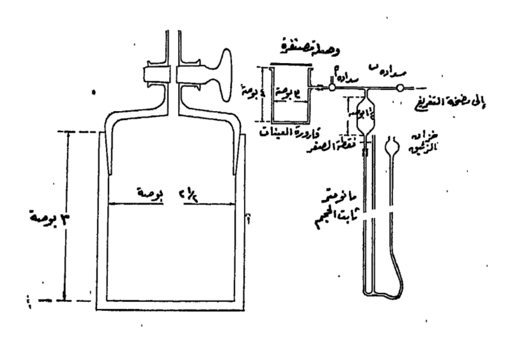
ح = الحجم الداخلى لغرفة التمدد (ى) والتوصيلات بين أ ، ب

ح = حجم العينة الصخرية والمسام غير الفعالة .

ضج = الضغط الجوى وقت إجراء التجربة .

ض١ = الضغط الابتدائى فى غرفة التمدد قبل التفريغ .

ض٢ = الضغط النهائى فى س ، ى .



(شكل ٦)
جهاز التمدد الغازى لقياس المسامية (عن تيراتسو)

(شكل ٧)
زجاجة قياس المسامية بطريقة الامتصاص السائلى (عن تيراتسو)

وحيث إن الضغط × الحجم فى جهاز مغلق ثابت فانه تمكن معادلة ض ح ث قبل وبعد توصيل س ، ى

$$ض_1 (ح_1 - ح) + ح_2 ض_1 = ض_2 (ح_2 + ح_1 - ح)$$

$$حيث\ ح = \frac{ح_1 (ض_1 - ض_2) + ح_2 (ض_1 - ض_2)}{ض_1 - ض_2}$$

ويعين بعد ذلك الحجم الكلى للعينة الصخرية بطريقة القياس أو الغطاء الشمعى والغمسى كما ذكر سابقاً ، فإذا كان هذا الحجم هو ح ب

$$فإن\ المسامية = \frac{ح_ب - ح}{ح_ب} \times 100$$

الطرق الوصفية لتعيين المسامية Qualitative methods :

توجد طرق وصفية Qualitative methods كثيرة لتقييم المسامية لتعزيز تحاليل العينات الاسطوانية (تحاليل لبية Core analyses) أو لتكون بديلا لها إذا تعذر القيام بها وتشمل هذه :

١ — السجل الكهربائى Electric log :

ويشمل هذا قياس الجهد الكهربائى Electric potential الطبيعى بالميفولت Millivolt للصخور ، فالصخور غير المنفذة Impervious rocks تكون ذات جهد منخفض ، بينما تكون الصخور المسامية ذات جهود عالية .

٢ — سجل النشاط الإشعاعى Radioactive logs :

يبين سجل أشعة جاما Gamma ray log الانتشار الطبيعى لأشعة جاما من التكاوين الصخرية ، كما يبين سجل نيوترون Neutron log انتشار أشعة جاما التى تخرج من التكوين بفعل النيوترونات .

ويتأثر السجل النيوترونى أساسياً بوجود الهيدروجين ، وتبعاً لذلك بوجود السوائل أو الغاز أو البترول أو الماء فى التكوين ، ويظهر وجود السوائل فى التكوين مقدار مساميته ، وتستعمل هذه الطريقة كثيراً فى إظهار مسامية خزانات الحجر الجيرى والدولومايت .

٣ — الفحص الميكرسكوبى للقطع الصخرية Rock cuttings فى الآبار .

تفحص القطع الصخرية إذا لم تتوافر العينات الاسطوانية بواسطة ميكروسكوب مزدوج Binocular microscope لتقرير مساميتها ، ويمكن للخبير المتمرن تعين طبيعة مسامية الصخر وإعطاء تقدير وصفى لكميتها النسبية مستعملا تعبيرات مختلفة مثل محكم Tight وكثيف Dense وكهيفى Vugs ورأس الدبوس Pinpoint ومسامى Porous وكهفى Cavernous وبينمتبلور Intercrystalline وبينحبيى Interganular فإذا لم تظهر المسام الفردية تحت الميكرسكوب دل هذا على أن مسامية الصخر ، هى من القلة بحيث لا يمكن أن تختزن كمية قيمة من البترول .

٤ — سجل زمن الحفر Drilling-time log :

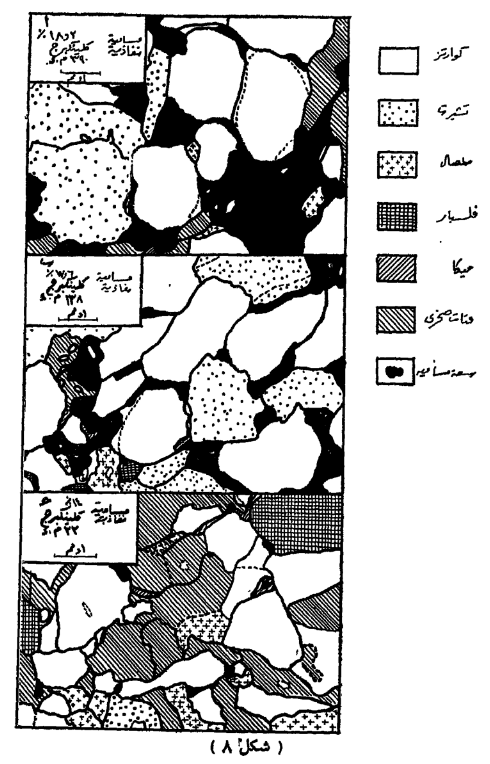
يدل الانخفاض الزمنى الفجائى فى السجل الزمنى للحفر أو الزيادة الفجائية فى سرعة الحفر على وجود تكوين مسامى ، فكلما زادت مسامية الصخر وقل تماسكه كلما سهل حفره .

٥ — اختفاء العينات الاسطوانية Loss of core :

يحدث أحياناً أن تفشل ماسورة العينة الاسطوانية أو اللب Core barrel فى إخراج عينات اسطوانية لكل طبقات التكاوين المحفورة ، ويعزى هذا الاختفاء أحياناً إلى طبيعة صخر الخزان المسامية أو المكسورة Fractured أو غير المتماسكة التى ينتج عنها خروج صخور أجزاء هذه الطبقات كقطع Cuttings مع طين الحفر Drilling mud وقد يعنى أحياناً عدم الحصول على عينات اسطوانية فى ماسورة العينات الاسطوانية أن البئر جيدة من ناحية المسامية No core recovery, good well

النفاذية Permeability :

النفاذية هى خاصية مرور السوائل خلال مسام الصخر المتصلة دون تدمير أو إحلال محل الدقيقات الصخرية ، فهى بمعنى آخر قياس قدرة الصخر على توصيل السوائل Fluid conductivity وقد تكون النفاذية أهم صفة



(شكل ٨)

قطاعات مجهرية رقيقة فى جريواكية صخر خزانى يبين فى (ا) الصخر الخزانى الممتاز (ب) الصخر الخزانى الجيد جدا . (حـ) الصخر الخزانى الضعيف ، وتظهر المسام باللون الأسود (عن كرينانين ١٩٥١)

فردية لصخر الخزان ، إذ لا يمكن تقدير معدل الانتاج البترولى المحتمل أو أحسن طرق الانتاج الاقتصادية دون معرفة كاملة صحيحة لنفاذية الخزان .

والنفاذية نسبية وليست شيئاً مطلقاً فى ذاته ، فيعبر عن الصخر بأنه منفذ إذا أمكن لكمية قيمة من السائل أن تمر خلاله فى وقت قصير كساعة مثلا ويطلق على الصخر أنه غير منفذ إذا كان معدل مرور السوائل خلاله قدراً مهملا . ووحدة قياس نفاذية الصخر تسمى : دارسى Darcy .

وقد استقاس Stadardize معهد البترول الأمريكى الدارسى لاستعمالها فى صناعة البترول على أن للوسط المسامى نفاذية دارسى واحد إذا أمكن لسائل ذى حالة واحدة Singlephase يملأ فراغات الوسط تماماً أن يسرى خلاله تحت ظروف السريان اللزج بمعدل سنتيمتر فى الثانية للسنتيمتر المربع من مساحة المقطع العرضى تحت ضغط جوى واحد للسنتيمتر .

٣ — المصايد الخزانية Reservoir traps :

المصيدة الخزانية :

المصيدة الخزانية هى العنصر الثالث الأساسى فى الخزان البترولى ، وقد قدم ماك كولوه ١٩٣٤ الاصطلاح ليستعمل فى التركيبات الحاوية Containers المتنوعة الصفات ، التى تعزى للمختومات الأسفلتية Asphalt seals والعدسات Lenses وتغيرات المسامية المحلية ، والتخطى Overlap وخاصة فى مناطق الميل المتساوى Homoclinal dip areas وكذلك للانثناءات والفوالق ، ويستعمل تعبير المصيدة الآن للدلالة على الشىء الذى يحبس فى داخله الزيت مهما كان شكله أو سبب وجوده ، وأهم خصائصها كونها مكاناً صالحاً لان يتجمع فيه الزيت والغاز ، وأن يحبسا فيه .

تقسيم المصايد Classification of traps :

توجد تقسيمات متعددة للمصايد اقترحها كثير من المؤلفين . والتقسيم الذى سيتبع هنا هو التقسيم الذى يقدمه ليفورسون ١٩٥٦ ، فهو كما يذكر مقترحه بسيط ويجد مكاناً لمعظم أنواع المصايد المعروف أنها تحوى زيتا وغازاً بكميات اقتصادية .

ويقسم ليفورسون المصايد تقسيماً اجمالياً إلى ثلاثة أنواع أساسية :

١ — مصايد تركيبية : Structural traps

٢ — مصايد طبقية : Stratigraphic traps

٣ — مصايد مشتركة من النوعين الأولين : Combination traps

فالمصيدة التركيبية هى المصيدة التى يصبح حدها العلوى مقعراً إذا مارئى من أسفل نتيجـــة لتغير شكلى محلى Deformation مثل انثناء أوانفلاق الصخر الخزانى .

وتعين حوافى Edges البركة البترولية الموجودة فى المصيدة التركيبية كلياً أو جزئياً بتقاطع منسوب المياه الجوفية الذى يوجد تحتها مع صخر السطح Roof rock الذى يعلو صخر الخزان المتغير الهيئة .

والمصيدة الطبقية Stratigraphic trap هى المصيدة التى يكون فيها عامل الحبس الأساسى هو بعض التغير فى طبقية أو صخرية صخر الخزان ، مثل التغير السحنى ، والتغير المحلى فى المسامية والنفاذية .

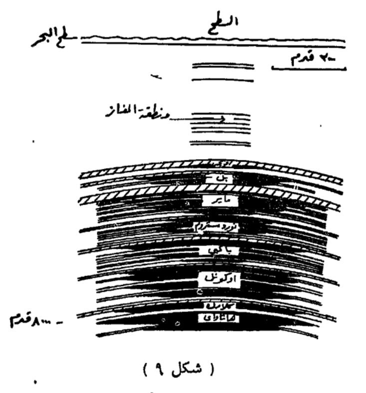
ويحدد الامتداد المساحى للبركة البترولية التى توجد فى المصيدة الطبقية جزئياً أوكليا ببعض التغير الطبقى المصاحب للصخر الخزانى ، وقدتقع البركة البترولية فوق منسوب المياه الجوفية الذى قد يكون مستويا أو مائلا أو قد تملأ البركة كل فراغات الصخر الخزانى دون أن يوجد تحتها ماء . ويقع بين هذين الطرفين من نوعى المصايد تدرج كامل لمصايد تمثل كل مزيج ممكن من التركيب والطبقية. والمصايد المشتركة هى التى تكونت بأسباب تركيبية وطبقية بنسبة متساوية تقريبا.

المصايد التركيبية :

المصايد التركيبية هى المصايد التى تتكون تكوناً أساسيا بفعل الانثناء أو التفلق ، وهى أكثر المصايد وضوحا على السطح ويسهل تحديد موضعها تحت السطح ، كما أنها المصايد التى تعطى أكبر عون فى اكتشاف البترول أو الغاز ولذا تلقى أكبر اهتمام من الجيولوجيين ، فتهدف كل المساحة السطحية تقريبا وحفر العينات الاسطوانيـــة القليلة العمق Shallow core drilling والمسح الجيوفيزيائى ومعظم المسح تحت السطحى Subsurface mapping — إلى تعيين أماكن المصايد التى تنشأ كليا أو جزئيا من تشكيل الصخر الخزانى .

وتعزى أهمية الظواهر التركيبية فى تكوين المصايد إلى الامتداد الرأسى للتركيب عادة خلال سمك كبير من التكاوين الرسوبية مسببا بذلك تكوين مصايد فى كل الصخور الخزانية الكامنة التى تتأثر بهذه الحركة التركيبية ، ولذلك فان حفر المصايد التركيبية التى تضم سمكا كبيرا من الرواسب يعتبر تنقيبا جيداً حتى ولو لم تعرف مقدما صخور خزانية نوعية أو غيرها من ظواهر طبقية تحت السطح ، لأن مجرد احتواء القطاع الجيولوجى فى هذه الحالة على أية صخور خزانية يجعل من المرجح أنها ستنتج بترولا إذا ما شكلت إلى مصايد .

ومن الأمثلة العديدة التى يؤثر فيها الانثناء على سمك كبير من الطبقات حقل ينابيع سانتافى Santafe Springs فى كاليفورنيا ، حيث يمتد انثناء قبى دائرى تقريبا ليكون مصايد فى أكثر من ٢٥ صخرا خزانيا يحتوى كل منها على بركة بترولية .



(شكل ٩)

قطاع فى حقل ينابيع سانتافى البترولى يبين كيف يمكن أن يتكون عدد كبير من المصايد المنفصلة المحتوية على عدد كبير من البرك البترولية المفصولة من تركيب انثنائى واحد (عن ليفورسون)

وتقسم المصايد التركيبية حسب الأنواع الرئيسية للتشكيل إلى :

١ — مصايد ناشئة عن الانثناء .

٢ — مصايد ناشئة عن التفلق .

٣ — مصايد ناشئة عن التكسر Fracturing

٤ — مصايد ناشئة عن تدخل حشوة Plug من الملح .

٥ — مصايد ناشئة عن خليط من هذه التركيبات .

١ — المصايد الناشئة عن الانثناء Traps caused by folding

تأخذ المصايد المتكونة أساسيا أوكليا بفعل الانثناءات أشكالا كثيرة متباينة ، فتشمل كل شكل من القباب الواطئة Low domes الدائرية المسقط Plan إلى الانثناءات المنعكسة الميل Anticlines الطويلة الضيقة التي تكون متناسقة أو غير متناسقة أو مستلقية Overturned .

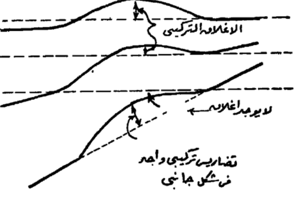
ويتراوح مقدار الاغلاق التركيبي Structural closure — وهو المسافة الرأسية من أعلى نقطة إلى أقل الكونتورات المغلقة — بين عدد قليل من الأقدام إلى آلاف الأقدام . ويوصف الاغلاق التركيبي للمصيدة بالنسبة لمنسوب سطح الأرض . وتتوقف قدرة المصيدة الانثنائية على حبس الزيت والغاز أساسيا وعلى الاغلاق التركيبي وعلى سمك صخور الخزان وعلى مسامية الصخر الفعالة وعلى ضغط الخزان وعلى ظروف سريان السائل في الصخر .

وتعرف التضاريس التركيبية Structural relief وهي عادة أكبر من الاغلاق التركيبي ، بأنها الارتفاع الذى تصل إليه طبقة منثنية فوق الانحدار الاقليمي ، ويقاس من أعلى نقطة إلى مسقط الانحدار الاقليمي في أسفل.

ويعرف العمود الزيتي Oil column أو العمود الغازى Gas column أو عمود الزيت والغاز Oil and gas column بأنه المسافة الرأسية بين حد الزيت — الماء Oil water contact إلى أعلى نقطة يمتد إليها الزيت أو الغاز في المصيدة أو بمعنى آخر ؛ السمك الأقصى Maximum thickness للزيت أو الغاز أو كليهما في البركة البترولية ، وتجب معرفته عند ذكر حجم البركة ، كما أن الحجم الفعال للخزان البترولي هو السعة المسامية Pore space الموجودة بين منسوب المياه

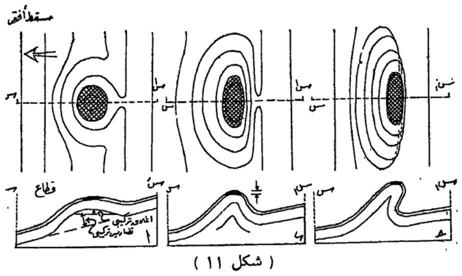
الجوفية Water table من أسفل وصخر السطح Roof rock من أعلى .

ويلاحظ وجود التثنى Folding بدرجات متفاوتة فى كل مصيدة خزانية تقريبا سواء أكانت مصيدة طبقية أو تركيبية ولكن المصيدة التى يكون التثنى فيها هو العامل الغالب فى تكوينها تعتبر ضمن قسم المصايد التركيبية بالرغم من أن عوامل التفلق أو العوامل الطبقية تكون قد ساعدت بدرجة ما فى تكوين الإغلاق Closure وطبيعى أن أسباب التثنى فى صخور الخزان هى نفسها الأسباب التى تثنى الصخور السطحية ، فهى تشمل الكبس الأفقى Horizontal compression ، وضغوط التماس



(شكل ١٠)

اشكال جانبية تبين كيف تكون للتضاريس التركيبية الواحدة مقادير مختلفة من الاغلاقات التركيبية تبعا لمعدل الميل الاقليمى (عن ليفورسون)



(شكل ١١)

قطاعات وخرائط تركيبية لانثناءات قببية منعكسة الميل مميزة لكثير من المصايد المحتوية على زيت وغاز (عن ليفورسون)

Tangential pressures أو الازدواج Couple والتثنى السحبى Drag folding والقباب Domes المتكونة نتيجة تدخل الحشوات المحلية Salt plugs إلخ .

وقد تحدث الانثناءات كلها فى وقت واحد أو قد تتجمع بعد مجموعة من الأحداث Episodes تعمل كل منها على أن تجعل الانثناء أكثر حدة وعمقا .

ويلاحظ كذلك أنه يندر أن نجد مصيدة منثنية Folded trap خالية تماما من التفلق ، فقد يقطع الفالق — الذى لا يلاحظ على سطح الأرض — الخزان .

وتبين الأمثلة التالية بعض المصايد التى تكونت أساسيا بفعل التثنى :

١ — مصيدة بركة ابقايق Abgaig pool فى السعودية : وتوجد فى التكوين المنتج للجورى الأووليتى والدولوميتى .

وتبلغ هذه البركة الضخمة ثلاثين ميلا فى الطول وستة أميال فى الاتساع ويصل عمودها الزيتى إلى أكثر من ١٥٠٠ قدم وكان معدل إنتاجها الأول من آبارها الستة والستين ١٧٠٠٠ برميل فى اليوم .

وتمثل هذه المصيدة القبية المستطيلة Elongate dome صورة من كثير من المصايد البترولية فى الشرق الأدنى الغنية بالبترول والتى تعلو بعضها تكاوين معقدة منثنية غير منتجة .

٢ — مصيدة حقل فالبزا Valezza field فى شمال إيطاليا : وهى منعكس ميل منفلق راقد Recumbent ويندر أن يكون مثل هذا الإنثناء مصيدة ولكنه يبين إمكان تكوين المصيدة رغم شدة الانقلاب Overturning .

٣ — توجد بعض المصايد المنتجة المنثنية مختبئة تماما تحت تكاوين مسطحة غير منتجة .

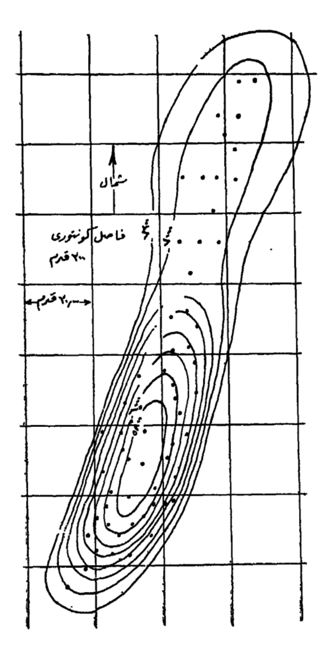
٤ — تختفى بعض التراكيب المصيدية المحتوية على برك بترولية تحت رواسب منفلقة انفلاقا دفعيا Thrust faulted كما فى حالة منعكس ميل أجا جارى فى إيران .

٢ — المصايد الناشئة عن التفلق

Traps caused by faulting

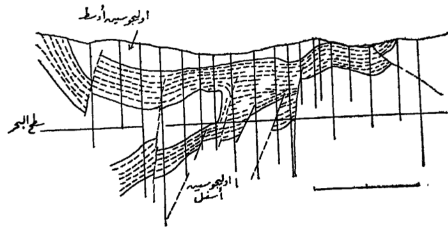
قد يكون التفلق هو السبب الوحيد المكون للمصيدة ، ولكن الأغلب أن الفوالق تكون المصايد بالاشتراك مع مظاهر تركيبية أخرى مثل التثنى Folding أو التميل

Tilting أو تقوس الطبقات Arching ، أو بالاشـــتراك مع تغيرات فى الطبقية أو النفاذية .



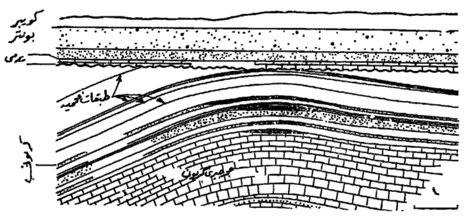
(شكل ١٢)

يبين تركيب التكوين الجورى الأووليتى الدولوميتى المعروف بالنطاق العربى Arab zone فى السعودية العربية



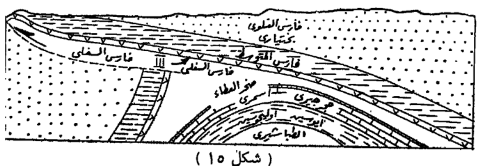
(شكل ١٣)

يبين قطاعا فى حقل قاليزا البترولى حيث يتركب السطح من متقابل ميل يعلو انثناء راقدا من تكاوين الايوسين والاوليجوسين وهو حالة متطرفة لانثناء منقلب يكون مصيدة



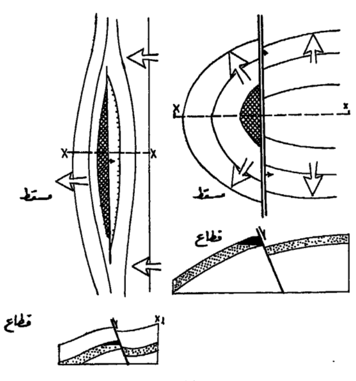
(شكل ١٤)

قطاع فى حقل ايكرنج Eakring بنوتيجنهامشير بانجلترا وهو حقل متعدد أفق الانتاج يبين منعكس الميل مغطى تماما بتكاوين مسطحة من البرمى والترياسى غير منتجة



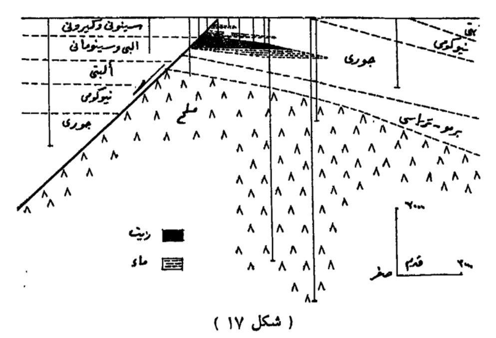
(شكل ١٥)

يبين قطاعا فى تركيب اجا جارى بايران وهو من أكبر حقـــول البتـــرول فى العالم ويعطى مثلا لتغطية الانفلاق الدفعى للتركيبات البترولية التى تحتا



(شكل ١٦)

يبين مصيدة مكونة نتيجة تقاطع فالق مع انثناء



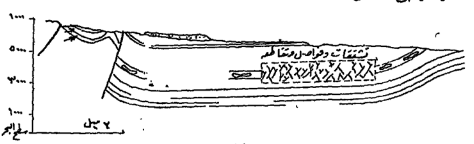
(شكل ١٧)

قطاع فى بركة دوسور Dosor البترولية فى منطقة امبا من مناطق الاتحاد السوفيتى حيث يصاد البترول فى رمل جورى منفلق يقع فوق كتلة ملحية كثيفة

٣ — المصايد الناشئة عن التكسر

Traps caused by fracturing

يكون تشقق الصخور الخزانية السريعة الكسر سببا شائعا للمسامية والنفاذية ، وتعتبر فى بعض الأحوال السبب الأساسى لتكون المصايد ففى حقل فلورنس فى كولورادو يختزن الزيت داخل الجزء المتشقق من الطين الصفحى الكريتاسى المستوى الوضع ذى النسيج الموحد فوق منطقة واسعة والتشقق وحده هو المسئول عن وضع المصيدة إذ لا يوجد تثنى أو تغير طبقى يصاحب البركة ولا يوجد تجمع بترولى حيث ينتهى التشقق .



(شكل ١٨)

قطاع فى حقل فلورنس يبين بركة بترولية مختزنة فى مجموعة من التشققات والفواصل المتقاطعة

٤ — المصايد الناشئة عن القباب الملحية

Salt dome traps

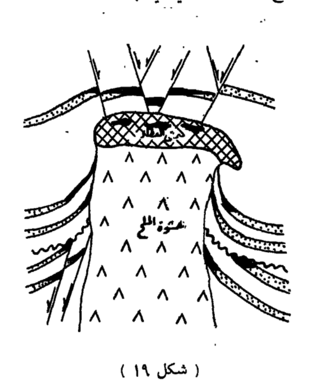
تؤدى تدخلات Intrusions الملح الصخرى فى الرواسب التى تعلوها إلى تكوين مجموعة متنوعة من المصايد التركيبية والطبقية والمشتركة ، كما يصحب بعض هذه المصايد تدخل الصخور النارية ، غير أن كثيراً من المصايد التى تكونت بفعل تدخل الملح أو الصخور النارية كانت غير منتجة ، وقد يعزى عدم إنتاج مثل هذه المصايد المصاحبة للتدخل النارى إلى درجات الحرارة العالية التى تعرضت لها الصخور الرسوبية لأن التدخل حدث بعد ترسب الرواسب بفترة طويلة تحرك خلالها أى بترول يحتمل وجوده إلى مصايد أخرى أو إلى عدم وجود البترول أصلا فى الأماكن التى حدث فيها التدخل .

وتوجد القباب الملحية قرب وسط منطقة زخستابن (من العصر البرمى) فى الحوض الشمالى الغربى أو حوض هانوفر بألمانيا .

كما توجدمنطقة قباب ملحية أخرى فى منطقة أمبا Emba district شمال بحر قزوين بالاتحاد السوفيتى حيث درست ٣٠٠ قبة ملحية وتركيباتها وقد تثبت المساحة الجيولوجية للمنطقة وجود أكثر من ١٢٠٠ قبة ملحية.

وتوجد مناطق قباب ملحية كذلك فى الولايات المتحدة بشرق يوتا Utah وغرب كولورادو وشمال تكساس ولويزيانا ومسيسيبى .

وتعرف القباب الملحية كذلك فى جنوب إيران حيث مسحت أكثر من ١٠٠ حشوة ملحية فكانت كلها غير منتجة ، كما تعرف قباب ملحية غير منتجة من مناطق أخرى كالبحر الأحمر والبلاد العربية وشمال افريقيا وسهل الاكيتين Aquitaine الواقع شمال جبال البيرينيز بجنوب شرق فرنسا .



(شكل ١٩)

قطاع تخيلى فى حقل قبة ملحية لساحل الخليج Gulf coast تظهر أنواع البرك البترولية الموجودة فى المصايد المصاحبة للتدخل الملحى
(عن ليفورسون)

وتتأثر طبقية وتركيب الرواسب المجاورة للحشوة الملحية Salt plug عندما تصعد هذه ثاقبة تكاوين الخزان مكونة حواف الطبقات المثنية لأعلى عند ضغطها باحكام مقابل الملح مصايد عديدة على جوانب الحشوة ، ويصحب الحركة العلوية للحشوة الملحيـــة تشقق كثير مع تفلق قطرى Radial faulting وطرفى Rim Faulting يقطع صخور الخزان الجانبية إلى كتل مثلثية كثيرة تكون بعضها مصايد تحتوى على البترول .

المصايد الطبقية Stratigraphic traps :

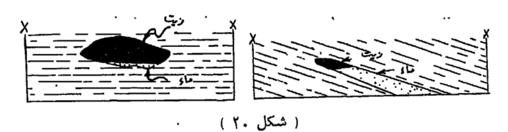
المصايد الطبقية هى المصايد الناتجة عن تغير جانبى فى صخرية صخر الخزان ، أو انقطاع فى استمرارها ، فاذا تغير صخر خزانى مسامى إلى صخر غير مسامى أو قطع بعدم توافق Unconformity فوقها تخطى Overlap أو تغير على امتداد تطبقه Bedding فان الحد بين الصخرين يعين مدى الخزان .

وتحتوى معظم المصايد الطبقية على بعض العناصر التركيبية باستثناء بعض مصايد العدسات والشعب العضوية التى لا شأن لها بالميل الاقليمى أو أى تقوس أو تغير شكلى Deformation . ولا يوجد أى تحديد قاطع بين المصايد التركيبية والمصايد الطبقية ، إذ أن بعض المصايد تشترك فى الأسباب الطبقية أو التركيبية معا بقدر متساو فى بنائها ، وقد يعتبرها بعض الجيولوجيين مصايد تركيبية ، بينما يعتبرها البعض الآخر مصايد طبقية ، ولذا فانه يلزم إيجاد قسم وسط بين هذه وتلك وهى المصايد المشتركة .

وتقسم المصايد الطبقية لتسهيل دراستها إلى مجموعتين :

١ — مصايد طبقية أولية Primary stratigraphic traps : تتكون أثناء الترسيب أو بين تكوين Diagenesis الصخر ، وهذه تشمل المصايد المتكونة بالعدسات والتغيرات السحنية ورمال ربطة الحذاء Shoestring sands والشعب Reefs .

٢ — مصايد طبقية ثانوية Secondary stratigraphic traps :
وتنشأ من أسباب أتت بعد فترة من الزمن أهمها عدم التوافق أو الاذابة أو السمنتة Cementation



(شكل ٢٠)

يبين مصيدة عدسية نموذجية محاطة تماما بصخور غير منفذة الى اليسار ، ومصيدة حافة النفاذية الى اليمين

المصايد الطبقية الأولية :

تنشأ هذه المصايد كنتيجة مباشرة للبيئة الترسيبية أى خواص الخزان والظروف التى ترسبت فيها ، فالحد العلوى غير المسامى المعمر لهذه المصايد وكذلك سعة مسامها الفعالة كانت أساسا نتيجة عمليات ترسيبية أولية ، ولذا تسمى هذه المصايد أيضا مصايد ترسيبية Depositional traps ومصايد بينتكوينية Diagenetic traps

وتنقسم المصايد الطبقية الأولية إلى مجموعتين عامتين :

١ — عدسات وسحن الصخور الفتاتية والنارية .

٢ — عدسات وسحن الصخور الكيميائية وتشمل الشعب العضوية Organic reefs والتراكيب المعروفة Biostromes, Bioherms

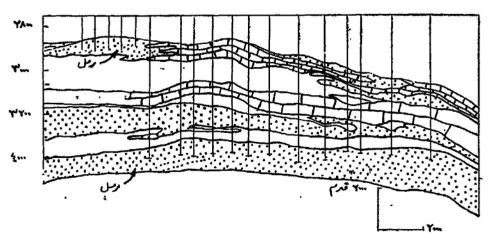
عدسات وسحن الصخور الفتاتية :

توجد بعض الخزانات فى أجسام عدسية رفيعة من الصخور الفتاتية المسامية المنفذة محاطة برواسب غير منفذه .

وتتكون العدسات التى تشمل مساحة لا تزيد عن بضعة كيلو مترات مربعة فى أغلب الأحوال من مادة فتاتية كالحجر الرملى أو الاركوز أو بعض أنواع الصخور النارية والمتحولة المجواه البريشية Brecciated المعاد ترسبها .

وتكون العدسه معاصرة فى التكوين للرواسب المحيطة بها ، أو قد تكون أقدم منها قليلا .

التغير السحنى Facies change : هو تدرج جانبى داخل تكوين أو مجموعة من الصخور ينشأ عن الترسيب المعاصر لصخور ذات خواص مختلفة ، فتغيرات السحن الصخرية Lithofacies changes : من منفذة إلى غير منفذة هى سبب تكوين كثير من المصايد المحتوية على برك بترولية أو غازية .



(شكل ٢١)

قطاع فى حقل هل سلك Hull - silk oil field فى تكساس يبين تداخل الطبقات الرملية والجيرية المعقد مما أدى إلى تكوين مصايد كثيرة فى صخور العصر البنسلفانى (عن ليفورسن)

مصيدة رباط الحذاء الرملى Shoestring sand traps :

يتكون هذا النوع من المصايد ، كما يتبين من اسمه ، من رواسب رملية ضيقة ، يمكن اعتبارها كعدسات رملية من نوع خاص .

ويبلغ عرض هذه المصايد نصف أو ثلاثة أرباع ميل ويصل طولها إلى عدة أميال

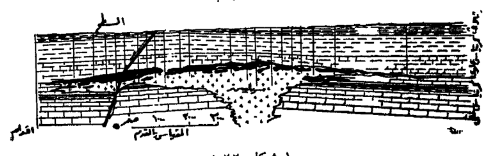
ويحيط بهذا النوع من المصايد طين صفحى أو صلصال إحاطة كاملة إلا عند نهايتها ، ويعتقد بعض الجيولوجيين أن بعض المصايد الرملية التى لها هذه الخصائص تنشأ من امتلاء المجارى المائية ، وأن البعض الآخر هو حواجز رملية Sand bars خارج الشاطئ .

وتعتبر بركة جرينوود وباتار بكانساس فى الولايات المتحدة مثالا لمصايد رباط الحذاء الرملى ، وقد انتجت المصايد فى هذه المنطقة بترولا عالى الدرجة ، وكان الانتاج من رمال هذه المنطقة التى امتدت ١٠٠ ميل طولا و ٥٠ ميلا عرضا حيث تكون الرمال عدسات طولية سمكها بين ٥٠ و ١٠٠ قدم ، وطولها بين ٢ و ٦ أميال ، واتساعها حوالى ١٫٥ ميل يتبع بعضها البعض .

عدسات الصخور البركانية :

تتكون المصيدة المنتجة فى بعض الحالات من كتل عدسية الشكل لصخور نارية محاطة بمجموعة من الصخور الرسوبية ، فقد تدخلت مثلا صخور نارية بازلتية فى حقبات مختلفة داخل تكاوين من الطباشيرى الأعلى فى إقليم السهل الساحلى الداخلى فى تكساس حيث توجد ١٧ كتلة نارية مكونة مصايد أنتجت بترولا وغازا بكميات اقتصادية .

وتتكون هذه الكتل النارية جزئيا من صخور قاعدية غير متغيرة ذات أنواع مختلفة مثل الأوليفين بازلت أو الجابرو أو الفونوليت الخ ، ولكن البترول يوجد فى الصخور المتغيرة داخل وحول المخروطات البركانية الاصلية .



(شكل ٢٢)
قطاع فى بركة ينابيع ليتون فى تكساس ، حيث يوجد الخزان فى صخر نارى متغير

المصايد الطبقية الأولية للصخور الكيميائية :

يوجد قسمان من المصايد الطبقية فى الصخور ذات الأصل الكيميائى :

١ — سحن صخرية Lithofacies أو حيوية Biofacies تحيط بها أو تنتهى إلى طين صفحى أو أحجار جيرية أو دولوميت غير منفذ ، وعدسات مسطوحة

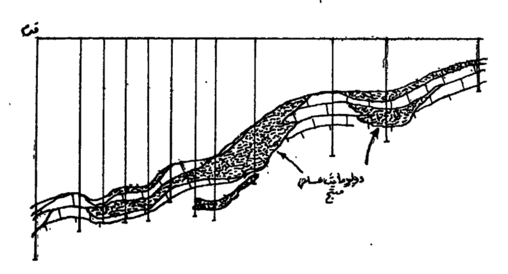
تقريبا تتكون من الرواسب الجيرية للكائنات وتسمى بيوستروم Biostromes

٢ — كتل جيرية عدسية أو ربوية الشكل تتكون أساسا من فتات الكائنات المترسبة تحيط بها صخور غير منفذة وتسمى بيوهرم Bioherms

١ — سحن الكربونات المسامية Porous carbonate facies :

تشبه المصايد المكونة بهذه الكيفية مصايد السحن الرملية ، إلا أن الصخر فيها مصدره كيميائى ، ويتكون عادة من الكربونات ، وأكثر الأنواع شيوعا يتكون من دلمتة Dolomitization الحجر الجيرى حيث تصبح كربونات الماجنزيوم المترسبة ذات حجم أقل من كربونات الكالسيوم التى تزاح بالإذابة فيصبح الصخر الناتج مساميا منفذا .

وتوجد بعض مصايد هذا النوع فى سحن رملية أو تشيرتية منفذة يحيط بها صخر كربوناتى ، كما أن بعضها يوجد فى عدسات فتاتية موادها معادة التبلور تتكون أساسا من أووليت أو أصداف أو كسارة كربوناتية . وتسمى البقايا العضوية المرتبة فى طبقات كهذه : بيوستروم Biostrom .



(شكل ٢٣)

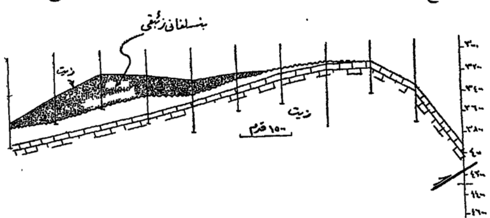
قطاع فى حقل بلشر البترولى باونتاريو فى كندا يبين المصايد المتكونة من قطاع الدولوميت المسامى يحيط بها حجر جيرى غير منفذ

الشعب العضوية :

. يوجد كثير من البرك البترولية الكبيرة بالعالم وخاصة فى أمريكا الشمالية مختزنة فى مصايد من الشعب العضوية ذات الأشكال والأحجام .والأعمار الجيولوجية المختلفة .

ويطلق اسم بيوهرم Bioherms على الأجسام العضوية المستديرة القبابية الشكل المبنية كلية أو أساسا من كائنات مثل المرجان أو Stromatoporoids أو الطحالب والبراكيوبودا والرخويات والزنبقيات الخ ، تحيط بها صخور غير منفذة ذات خصائص صخرية مغايرة .

ويميز هذا الاصطلاح الشعب الدائرية الشكل عن الشعب الكبيرة المستطيلة التى يبلغ طولها عشرات أو مئات الأميال ولا تتعدى بضعة أميال فى الاتساع .



(شكل ٢٤)
قطاع عبر حقل تود fTodd ield فى تكساس يظهر الشعب الكرينويدى من العصر البنسلفانى الذى يرتكز على الجانب الغربى من انثناء النبرجر Ellenburger fold وتحتوى الشعب الزنبقيـة وقبة النبرجر على برك بترولية

المصايد المشتركة Combination traps :

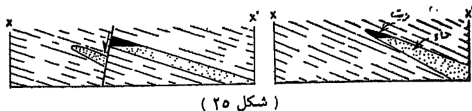
المصايد المشتركة هى مصايد تضم عناصر تركيبية وطبقية بنسب متساوية تقريبا وللمصيدة المشتركة عامة تاريخ ذو مرحلتين :

١ — سبب العنصر الطبقى نفاذية حافة صخر الخزان .

٢ — سبب العنصر التركيبى التغير الشكلى Deformation الذى يكمل المصيدة و يصبح العنصران بذلك أساسين لتكوين المصيدة ، إذ لا يمكن أن تتكون بواحد منهما فقط .

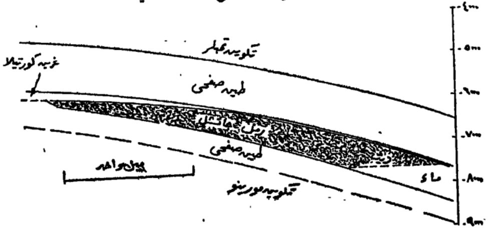
وقد يتكون العنصر الطبقى مبكراً أثناء الترسيب أو بين تكوين صخر الخزان ، وقد يتكون متأخرا نتيجة سمنتة محلية أو رفع أو عدم توافق متخط Unconformable overlap

وقد يكون العنصر التركيبى أى نوع من التثنى Folding أو التفلق Faulting أو كليهما ، ويحدث قبل أو بعد تكون العنصر الطبقى مباشرة أو بعده بفترة طويلة.



(شكل ٢٥)

يبين تقاطع فالق مع حافة نفاذية



(شكل ٢٦)

قطاع عبر بركة شرق كولينجا فى مقاطعة فريزنو بكاليفورنيا — مصيدة مشتركة حافة نفاذية معاً تثن . ومن أهم أنواع المصايد المشتركة المصايد المصاحبة للقباب الملحية ، وقد سبق الكلام عنها

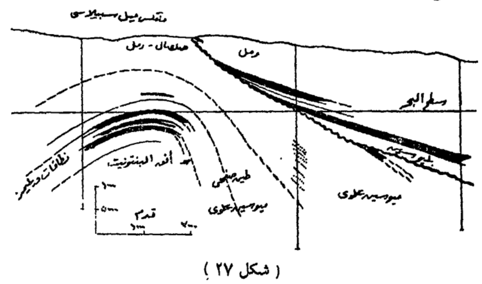
المصايد الطبقية الثانوية Secondary stratigraphic traps :

تنشأ هذه المصايد عن تغير أو مخالفة طبقية ظهرت بعد الترسيب أو بين تكوين صخر الخزان Diagenesis ، وتصاحب هذه المصايد عدم التوافق فى معظم الحالات وربما كان من المناسب لذلك أن تسمى مصايد عدم توافق Unconformity traps

وتوجد الصخور الخازنة للبترول فوق أو تحت مستوى عدم التوافق مباشرة أو فى داخل المواد المحواة Weathered material التى تعين عدم التوافق نفسه ، ويبدو بذلك أن عدم التوافق من الظواهر الهامة فى جيولوجيا البترول ، إذ أن كثيرا

من البرك الزيتية أو الغازية ، إن لم يكن معظمها ، ذو صلة وثيقة بعدم التوافق بكيفية ما أو بأخرى .

وقد يعين سطح عدم التوافق الحد الفاصل بين تكوين منفذ وتكوين غير منفذ ويصبح بذلك الحد العلوى أو السفلى للخزان البترولى .



(شكل ٢٧)

قطاع تركيبى فى حقل ميدواى Nidway field بكاليفورنيا يبين البرك البترولية المصيدة فوق وتحت مستوى عدم التوافق

الباب الرابع

حقول البترول

١ — الشروط الواجب توافرها لقيام حقل بترولى :

يجب أن تتوافر الشروط الآتية قبل أن يتقرر فى الأوقات الحالية إمكان قيام حقل بترولى :

١ — المصدر : ثبت أن أنسب البيئات المناسبة لتكوين البترول هى الخلجان البحرية الضحلة حيث يكثر ترسب المواد العضوية تحت ظروف غير هوائية Anaerobic فلا تتأكسد فى مثل هذه الخلجان ، المحمية الفقيرة فى الاوكسيجين ، المادة العضوية المترسبة ، بل تهاجمها البكتيريا اللاهوائية وتحولها بعد ذلك إلى بترول ، ويتوقع بذلك أن تتكون صخور المصدر البترولية النموذجية من الأووز العضوى الداكن اللون ، للحجر الطينى أو للطين الصفحى ، وتدل ألوانها ومحتوياتها من البيريت على ظروف الترسيب اللاهوائية .

٢ — صخر الخزان Reservoir rock :

يجب أن يتوافر كذلك وجود التكاوين الصخرية التى سيختزن فيها البترول بعد وصوله مع تيارات الاحكام المهاجرة ، فتوجد رمال وكونجلوميرات الشاطئ عادة فوق طين المصدر المترسب فى المياه الضحلة ، كما قد تؤثر بعض الحركات الضعيفة اليانية للقارات فى تكوين السحن الأكثر خشونة ، القريبة فى المستوى العمودى من صخر المصدر.

٣ — المصيدة Trap :

يجب أن تتوافر تركيبات مغلقة مناسبة لتسمح بتركيز الزيت والغاز وانفصالهما ، وقد تبين أن مصيدة منعكس الميل هى أنسب التركيبات لتجمع البترول وأسهلها فى الكشف .

٤ — الغطاء Cap or Cover :

يجب أن يتوافر سمك كاف من الطبقات غير المنفذة يعلو المصيدة حتى يحمى البترول من الضياع ، ولولا الغطاء الصخرى للخزان لما كان هناك الآن أى حقل بترولى فى العالم ولضاع كل البترول بعد تجمعه .

مناطق البترول المحتملة :

يمكن أن نستخلص من الشروط السابقة النتائج الآتية :

١ — البترول هو مادة بحرية أساسيا يتكون بعمليات رسوبية فيبحث عنه فقط فى المناطق التى تحتوى على سمك كبير من الرواسب البحرية .

٢ — يمكن أن يتكون البترول فى أى زمن من التاريخ الجيولوجى ، وكلما كان سمك الطبقات البحرية كبيرا كلما زاد احتمال وجود البترول بها .

٣ — أكثر الأماكن احتمالا لتجمع البترول هى أماكن الانثناءات المنعكسة الميل بشرط ألا يكون الضغط شديداً لدرجة أن يشقق أو يثقب التركيب وحيث يوجد غطاء لدن يحكم الاغلاق ، غير أن التجمع البترولى يحدث كذلك فى المناطق التى كونت فيها الحركات الأرضية الرأسية كتلا فالقية مغلقة أو تركيبات وحيدة الميل أو مصايد طبقية .

وعلى ذلك يبدو أننا يجب أن نوجه عنايتنا — عند البحث على البترول — إلى المناطق التى يوجد بها سمك كبير من الرواسب البحرية وتحتوى قطاعاتها على طين صفحى أسود ورمال مسامية ، وحيث يوجد الكثير من الانثناءات البسيطة غير المتشققة ، وحيث يوجد غطاء صخرى غير منفذ مناسب .

علاقة حقول البترول بالأحزمة الجبلية :

تكون أحزمة الحركات البانية للجبال مناطق نشأة البترول ، نظرا للسمك الكبير للرواسب البحرية المناسبة التى ترسبت فى بحار متقابلات الميل الأرضى Geosynclinal seas من الرءوس الأرضية الموجودة على الجانبين ، كما أنها

كانت مناطق لتركيز البترول حيث كون التثنى الجانبى أعدادا كبيرة من التركيبات المنعكسة الميل المناسبة .

ويبدو على ذلك أننا يجب أن نتوقع وجود حقول بترولية على امتداد سلاسل الجبال ، غير أن التركيبات المصاحبة للدورات الكاليدونية والهيرسينية قد تعرضت لمدد نحتية طويلة ودمر بذلك كثيراً من خزاناتها البترولية ، أو دفنت تحت طبقات سميكة من الرواسب يصعب اختراقها والوصول إليها ، كما أننا لا نتوقع أن نجد حقولا بترولية محفوظة فى الأجزاء الوسطى من المناطق الجبلية ذات التثنى العالى ، نظرا لأن شدة الحركات الأرضية وما صاحبها من نشاط نارى لابد أنها قد دمرت الخزانات أو شقت الطبقات بحيث تسربت أى تجمعات ايدروكربونية كانت موجودة .

وتصبح المناطق المثالية للعثور على البترول محصورة غالبا فى سفوح الجبال الحديثة ، حيث تبدأ الانثناءات والاندفاعات Thrusts فى الاختفاء وحيث يوجد الكثير من منعكسات الميل البسيطة غير المتشققة والخالية من التدخل النارى .

ولما كانت سلاسل جبال الالب هى أحدث السلاسل الجبلية وأقلها نحتا فقد أصبحت أغناها بالبترول ، فتوجد برك بترولية ذات أحجام مختلفة فى سفوح الجبال على امتداد منطقة الانثناء الشمالية للحزام الالبى ، ممتدة من البيرينيز إلى جنوب ألمانيا والنمسا ، وجاليسيا إلى رومانيا .

ثم تختفى بعد ذلك منطقة الانثناء الشمالى للحزام الألبى فى البحر الاسود لتظهر ثانيا مكونة المنطقة الشمالية للقوقاز الغنية بالبترول وبالغة قمتها فى منطقة باكو ، ثم تختفى مرة أخرى تحت بحر قزوين .

ويظهر الانثناء الشمالى للحزام الألبى بعد ذلك فى وسط آسيا عن طريق شيليكن Cheleken وتركمانيا Turkmenia إلى فرجان Ferghan ، حيث توجد آبار كثيرة ، ومنها إلى الحد الشمالى لسلاسل جبال البرزهندوكوش Elburz Hindukush التى توجد فى بعض أماكنها حقول بترولية . تستمر بعد ذلك كون لون والسلاسل المجاورة الموجودة فى شمال التبت عبر الصين لتتصل

بالحزام الكائن حول المحيط الهادى جنوب اليابان ، ويحتمل أن تظهر بها حقول بترولية فى المستقبل . أما الحزام الجبلى الجنوبى للحركة الألبية فيظهر البترول فى جبال الأطلس وجبال الابنين Appennines فى إيطاليا والألب الدينارية Dinaric Alps فى يوغوسلافيا ثم تنحرف إلى القوس البترولى الكبير فى جبال زاجروس Zagros mountains والحقول البترولية المصاحبة فى إيران والعراق المنثنية تجاه الأرض الأمامية Fore land العربية . ويستمر الجناح الجنوبى للسلسلة الألبية عبر بلوخستان وجنوب بندر عباس .

وفى باكستان والهند تمتد نفس السلسلة الالبية من كراتشى إلى السلسلة الملحية Salt Range، ثم على امتداد سفح جنوب الهيملايا إلى أسام وبورما فتوجد حقول بترولية قرب راوابندى فى شمال البنجاب Punjaab وفى ديجبوى Digboi فى أسام .

وتمتد نفس الحركة الانثنائية من بورما إلى جبال باريسان Barisan فى سوماطرا ثم إلى جاوه ومادبرا وسوبندا ، ويتجه فرع آخر شمالا إلى بورنيو وسخالين وكامشاتكا واليابان حيث يوجد البترول بكميات مختلفة على امتداد هذين الحزامين .

هذا وتوجد حقول بترولية هامة على الجانب الآخر من المحيط الهادى على امتداد جبال الروكى فى أمريكا الشمالية من البرتا إلى مونتانا ووايومنج Wyoming إلى كولورادو ، وكاليفورنيا ، والمكسيك .

وتمتد جبال الروكى جنوبا فى أمريكا الجنوبية إلى جبال الأنديز Andes فتوجد حقول بترولية كبيرة على امتداد سفوح جبال الانديز تمتد من المنطقة الألبية الشمالية والمنطقة الألبية الجنوبية من أوربا عبر المحيط الأطلسى على شكل انثناءات ذات فرعين عبر نهايتى البحر الكاريبى .

ويمتد الفرع الشمالى من الكورديليرا Cordillera فى أمريكا الشمالية والوسطى إلى الأنتيل الكبرى حتى جزر فيرجين Virgin Islands ، بينما ينحرف الفرع الجنوبى غربا إلى ترينيداد وفنزويلا . وهو غنى بنوع خاص فى الحقول البترولية ، وتوجد حقول بترولية مصاحبة للحركات الكاليدونية والهرسينية ، ولكنها قليلة نسبياً ، فقد

دمر الزمن والنحت معظمها ، فتنتج حقول هارد ستوفت فى انجلترا وستفاليا فى ألمانيا والحقول الحديدة الموجودة غرب الجبهة الغربية لجبال الأورال الروسية كميات متباينة من البترول ، كما ينتج البترول من الحقول المجاورة لسلاسل الباليوزويك فى الولايات المتحدة على امتداد الحافة الشرقية لجبال ألابالاشيان التى تمتد من نيويورك إلى بنسلفانيا ، ثم إلى فرجينا الغربية وكنتكى وتنيسى .

البترول فى المناطق المتأثرة بالحركات البانية للقارات :

ينتج حوالى ٥٠ ٪ من بترول العالم من حقول تصاحب المناطق فوق القارية Epicontinental regions حيث كانت الحركات العمودية هى الظاهرة التركيبية الأساسية ، فينتج حوض الراين Rhine Graben فى أوروبا البترول من عدة أماكن ، كما ينتج البترول من حقول القباب الملحية بشمال غرب ألمانيا ومنطقة القزوين — أمبا الهامة فى الاتحاد السوفييتى .

وينتج البترول كذلك من منطقة آسيا الوسطى ، ومناطق متعددة فى الصين وسيبيريا .

كذلك ينتج البترول فى مصر من الكتل السفلية الانفلاق Downfaulted blocks على امتداد خليج السويس ، وتوجد حقول بترول فى الأرجنتين بأمريكا الجنوبية كما توجد حقول بترولية هامة متصلة بالحركات البانية للقارات بأمريكا الشمالية فى تكساس ، وأوكلاهوما ، وساحل الخليج Gulf Coast ممتدة من جنوب اركنساس إلى لويزيانا ، وتكساس .

العلاقة بين حقول البترول والزلازل والبراكين :

ربط الجيولوجيون قديما بين أصل البترول والبراكين ، كما اعتقدوا أن البترول هو نوع من المنتجات البركانية الثانوية ، وذلك لما عرف من وجود التجاور الملحوظ بين حقول البترول ومناطق الزلازل والبراكين ، والواقع أن نسبة كبيرة من البراكين النشطة الحالية أو التى كانت نشطة فى الثلاثى المتأخر ، توجد فى أحزمة الدورات الثلاثية البانية للجبال ، غير أن الربط بين البراكين وحقول البترول هو فى حقيقة أمره مجرد عارض اتفاقى ، إذ توجد البراكين عادة داخل مناطق الانثناء الجبلية المتشققة ، بينما توجد حقول البترول فى السفوح الخارجية البسيطة التثنى لنفس الأحزمة الجبلية .

٢ — عمر البترول فى العالم :

لقد ظهر أن عمر البترول هو أساسيا عمر الخزانات التى يوجد بها و لهذا فاننا نعرض فى هذا الجزء أعمار خزانات البترول فى مختلف بلاد العالم ، وبذلك يمكننا أن نتبين عمر البترول فى هذه البلاد .

أولا — حقول أوروبا

انجلترا : يوجد انتاج بترولى بسيط عند ايكرنج ، نوتنجها مشير Eakring, Notts من جريت حجر الطاحون الكربونى Carboniferous Millstone Grit

فرنسا : يوجد البترول فى حقل بشلبرون Pechelbronn وهو جزء من حوض الراين الأوليجوسينى Oligocenc Rhine Graben ، كما توجد بعض أظهارات فى البرينيز وفى حوض الرون .

المانيا : يوجد معظم بترول المانيا بمنطقة هانوفر فى حوض زخستاين حيث تصحب معظم البترول القباب الملحية فى الجزء الداخلى من الحوض ، وحيث توجد الطبقات الخازنة Reservoir beds فى أفق يتراوح بين الريتيك Rhaetic والطباشيرى السفلى .

هولاندا : وجدت تركيزات بترولية فى حجر رملى من الطباشيرى السفلى.

النمسا وتشيكوسلوفاكيا والمجر: توجد برك بترولية هامة ذات عمر ثلاثى Tertiary.

رومانيا : يوجد معظم البترول فى خزان رمال بليوسينية Pliocene sands هاجرت غالبا من صخر المصدر الموجود فى مجموعة طبقات الميوسين الأوسط .

الاتحاد السوفييتى : يأتى معظم الانتاج من القوقاز حيث توجد المناطق البترولية الأساسية فى البليوميوسين ، ففى جروسنى Grosni يوجد الصخر الخزانى ، وهو حجر رملى شوكراك Chokrak sandstone فى الميوسين الأوسط ، كما تنتج حقول شبه جزيرة ابشيرون Apscheron قرب باكو من الميوسين الأوسط . ويوجد بترول منطقة امبا Emba Region فى شمال بحر قزوين بطبقات الجورى ، أما فى حوض غرب الأورال فيأتى البترول من حجر جيرى ودولوميت ورمال البرمى والكربونى والديفونى .

ثانياً — حقول آسيا

الاتحاد السوفييتى : ينتج البترول من بركة ايوسينية عند فرجانا ، أما فى سيبريا فينتج من رمال الميوسين والبلوسين عند جزيرة سخالين .

العراق وإيران : مصدر الانتاج الرئيسى فى هذين البلدين الذى يعتبر وحدة تركيبية وباليوجغرافية واحدة هو حجر جيرى اسمارى Asmari limestone من الاوليجوسين إلى الميوسين الأسفل .

العربية السعودية والبحرين والكويت : الأفق البترولية الأساسية فى هذه البلاد هى الحجر الجيرى والحجر الرملى من الطباشيرى الأوسط والجورى .

الهند : يوجد البترول فى البنجاب برمال الميوسين والحجر الجيرى الأيوسينى كما تنتج أسام وبورما من الميوسين أيضاً .

اندونسيا : يوجد البترول فى سوماطرا وجاوه وبورنيو فى الميوسين ، كما ينتج أيضاً من تكاوين البلوسين والايوسين فى بورنيو .

اليابان : توجد حقول بترولية صغيرة فى صخور الثلاثى .

الصين : بها حقول بترولية صغيرة فى صخور الميزوزويك .

ثالثاً — حقول استراليا

إنتاج البترول بها ضعيف ، ويوجد فى طبقات الجورى عند روما فى كوينسلاند ، ومن الأوليجوسين عند بحيرات أنترانس فى فيكتوريا .

رابعاً — حقول أفريقيا

إنتاج البترول فيها بسيط نسبيا من فنيات الميوسين بجبال الريف المراكشية ، والإنتاج الجيد فى مصر من الحجر الرملى النوبى والايوسين والميوسين والإنتاج الجيد من الايوسين بالجزائر .

خامساً — حقول أمريكا الجنوبية والوسطى

فنزويلا : تنتج كميات كبيرة من البترول من البليوسين يبدو أنها هاجرت من من مصدر فى العصر الطباشيرى .

وتوجد حقول غنية فى حوض ماراكايبو Maracaibo basin ومنطقة فالكون Falcon region حيث ينتج البترول من رمال الميوسين والاوليجوسين ، كما يتراوح إنتاج البترول فى بعض المناطق من رمال الايوسين إلى البليستوسين ، وتوجد كذلك خزانات هامة فى العصر الطباشيرى .

ترينيداد : يوجد البترول فى الجزء الجنوبى من الجزيرة بكميات كبيرة حيث يأتى الانتاج أساسيا من مجموعات فوريست وكروز Forest and Cruise Series فى الميوسين العلوى .

ويوجد البترول كذلك فى تكاوين الأوليجوسين والأيوسين .

كوبا : تصحب كميات صغيرة من الرواسب البترولية السربنتين المتغير .

كولومبيا : كميات ضخمة من البترول فى وادى نهر ماجد الينا حيث توجد الصخور الخزانية فى الايوسين والاوليجوسين .

بيرو : ينتج البترول من مجموعات زورر يتوس ، ولو بيتوس ، ونجريتوس فى الميوسين الأوسط.

اكوادور : توجد بركة بترولية عند جزيرة سانتا الين Santa Elene فى صخور الايوسين العلوى .

بوليفيا : ينتج البترول من حقول بوليفيا فى الثلاثى السفلى إلى الديفونى .

الأرجنتين : يوجد حقل صغير فى الباليوزويك ولكن الحقل الرئيسى عند كومودور وريفادبافا ينتج كميات ضخمة من كتل السينونى والدانى المنفلقة Senonian, Danian .

البرازيل : إنتاج البترول بها ضعيف من صخور الثلاثى .

سادساً — حقول أمريكا الشمالية

المكسيك : يأتى الانتاج فى منطقة تامبيكو — بانوكو Tampico-Panuco من حجر جيرى العصر الطباشيرى ، وفى منطقة تاكسبان Tuxpan يتركز الزيت على امتداد جولدن لين Golden lane الغنى حيث يوجد تحته حجر جيرى منعكس الميل من الطباشيرى السفلى .

هذا وينتج البترول فى جنوب المكسيك عند مضيق تهوانتيبيك Tehuantepec Isthmus من الاوليجوسين والايوسين ، وفى أطراف القباب الملحية من صخور الميوسين والبليوسين ومن صخور الطباشيرى التى تحتها .

كندا : يوجد البترول عند بتروليا Petrolia فى الحجر الجيرى الديفونى ، وعند أتاباسكا Athabasca فى صخور العصر الطباشيرى .

كما توجد بركة بترولية كبيرة فى حقل وادى تيرنر Turner Valley عند البرتا Alberta حيث ينتج البترول من حجر جيرى ماديسون Madison Limestone فى العصر الكربونى .

الولايات المتحدة : تنتج حقول الولايات المتحدة المتعددة كميات ضخمة من البترول أكثر من كل الحقول الأخرى مجتمعة ، ويتركز الإنتاج فى ست وحدات جغرافية تنتج نطاقاتها فى جميع العصور من الباليوزويك إلى الثلاثى وهى :

(ا) المنطقة الشرقية : حيث ينتج البترول من البالبوزويك ، فتشمل مجموعة الابالاشيان Appalachian group ولايات نيويورك وبنسلفانيا وفرجينيا الغربية ، وينتج حقل مدينة برادفورد من الديفونى العلوى ، بينما تنتج بنسلفانيا وشمال غرب فرجينيا من المسيسبى Mississipian وينتج غرب فرجينيا من الديفونى العلوى .

ويوجد البترول فى كنتاكى Kentucky فى الحجر الجيرى الديفونى كما توجد حقول كبيرة وغنية كثيرا فى انديانا وأوهايو Indiana, Ohio وتنتج من المسيسبى ومن أفق أعمق فى السيلورى والديفونى .

وينتج حوض الينوى Illinois من البنسلفانى والمسيسبى .

(ب) منطقة وسط القارة Midcontinent Zone : حيث يوجد البترول أيضاً فى الباليوزويك فى ولايتى كانساس وأوكلاهوما .

(جـ) منطقة جبال الروكى Rocky mountains : حيث يوجد البترول غالبا فى الميزوزويك بولايات كولورادو ، وايومنج Wyoming ومونتانا .

(د) منطقة تكساس Texas zone : يوجد بهذه المنطقة ستة أقاليم رئيسية يختلف عمر البترول فيها .

(هـ) منطقة ساحل الخليج Gulf Coast Zone وتشمل ولايات مويزيانا وتكساس حيث يوجد البترول فى الثلاثى .

(و) منطقة كاليفورنيا California zone : يوجد البترول فى هذه المنطقة بالثلاثى عند وادى سان يواكين San Joaquin ، وفى الميوبليوسين Mio-pliocene عند غرب وجنوب السلسلة الساحلية Coast Range .

عمر الطبقات الخازنة للبترول فى بعض الحقول البترولية الهامة

١ — حقول الباليوزويك

الزمن الجيولوجى	البلد	الحقل	التكوين المنتج
الاردوفيشى	الولايات المتحدة	ليما — انديانا	حجر جيرى ترنتون Trenton
		كشنج Cushing	
	»		حجر رملى ويلكوكس
	»	ارتفاع سمينول	» »
	»	مدينة أوكلاهوما	» جيرى أرباكل Arbuckle
السيلورى	»	كليتون — أوهايو	» رملى مدينا
الديفونى	كندا	بترو ليا	» جيرى كورنيفرى Corniferous
	الولايات المتحدة	مدينة براد فورد	» رملى شمنج Chemung
	»	ينابيع فنانجو برننج	» رملى فنانجو Venango
	»	غرب فيرجينيا	» »
		ارفنج	» جيرى كورنيفرى
	الاتحاد السوفييتى	حوض غرب الأورال	حجر رملى وحجر جيرى
الكربونى	انجلترا	ايكرنج	جريت حجر الطاحون
	الاتحاد السوفييتى	حوض غرب الأورال	حجر رملى وحجر جيرى
	كندا	وادى تيرنر	حجر جيرى ماديسون
	الولايات المتحدة	لاسال	حجر جيرى وحجر رملى المسيسبى
	»	كيفين سانبرست	حجر جيرى ماديسون
	»	بنسلفانيا وشمال	نمط بوكونو
		غرب فيرجينيا	Pocono stage

الزمن الجيولوجى	البلد	الحقل البترولى	التكوين المنتج
الكربونى	الولايات المتحدة	اوهايو — انديانا	نمط أو طابق بوكونو Pocono stage
	»	جراس كريك	حجر رملى امبرتنسليب
	»	جارنت شوسترنج Garnett Shoestring	حجر رملى شيروكى Cherokee
	»	بركة جلن	حجر رملى بارتلسفيل
	»	كشنج	حجر رملى بارتلسفيل
	»	الدورادو Aldorado	» » بنسلفانى
	»	واشيتا — أما ريللو	فتات جرانيتى بنسلفانى
	»	قوس شمال كارولينا تكساس	حجر رملى وحجر جيرى بنسلفانى
	»	واشيتا — أما ريللو	دولوميت أحمر
البرمى	»	تكساس بانهاندل	حجر جيرى دولوميتى
	»	بيتسى — بيج ليك	بيج لايم
	المانيا	ثورينجيا	حجر رملى ستينكشيفر
	الاتحاد السوفييتى	حوض غرب الأورال	حجر جيرى شعبى

حقول الميزوزويك

الزمن الجيولوجى	البلد	الحقل البترولى	التكوين المنتج
الترياسى	المانيا	اديس Edesse	حجر رملى ريتيكى Rhaetic S. S.
الجورى	المانيا	أوبرج Oberg	حجر رملى دوجرى Dogger S. S.
	الولايات المتحدة	سولت كريك	حجر رملى ساندانسى Sundance S. S.
الجورى	الاتحاد السوفييتى	امبا—شمال قزوين	حجر رملى دوسور Dosor s.s.
الطباشيرى	مصر	الغردقة—رأس غارب	حجر رملى نوبى Nubian s.s.
	المانيا	نينهاجان Nienhagan	حجر رملى فالنديز Yalendis s.s.
	بولندا	شودنيكا Schodnica	حجر رملى جامنا Jamna s.s.
	المانيا	ويتز Wietze	حجر رملى ويلدن Wealden s.s.
	الأرجنتين	كومودورو—ريفادافيا	حجر جيرى سينونى ودانى
	المكسيك	تامبيكو—بانوكو	حجر جيرى سان فيليب وتاما وليبس S.Felipe and Tamaolipas Limestone

التكوين المنتج	الحقل البترولى	البلد	الزمن الجيولوجى
حجر جيرى	تاكسبام Tuxpam	المكسيك	كريتاسى
طباشيرى سفلى			
طين صفحى بيير Pïerre shales	فلورنس Florence	الولايات المتحدة	
حجر رملى وول كريك Wall creek s.s.	سولت كريك Salt Creek	»	
حجر رملى وودباين Woodbine	مكسيا بلكونس Mexia - Balcones	»	
سربنتين طباشيرى علوى	ليتون سبرنجز Lytton springs	»	
حجر جيرى ادواردز	لولنج Luling	»	كريتاسى
حجر رملى ايجل فورد وود باين	شرق تكساس	»	
لاتيريت وحجر رملى كريتاسى أوسط	كادو	الولايات المتحدة	
حجر جيرى ورملى كريتاسى أوسط	البحرين	البحرين	
حجر جيرى «عرب» كريتاسى أوسط	دامان	العربية السعودية	

حقول بترول الحقب الثلاثى

الزمن الجيولوجى	البلد	الحقل البترولى	التكوين المنتج
أيوسين	الولايات المتحدة	هضبة رينوزا Reynosa	حجر رملى فايت وبجوا
	»	قباب شاطئ الخليج	حجر رملى جاكسونيان
	المكسيك	تهوانتبيك Tehuantepec	حجر رملى وجيرى ايوسينى
	أكوادور	انكون Ancon	حجر رملى انكون
	بيرو	زوريتوس — نجريتوس لوبيتوس	حجر رملى زوريتوس — نجريتوس لوبيتوس
	كولومبيا	نهر ماجد الينا	حجر رملى ماجدالينا
	ترينيداد	السلسلة الوسطى	طفلة وحجر جيرى ايوسينى
	الاتحاد السوفيتى	فرجانا Ferghana	طفلة فرجانا
	فنزويلا	مين جراند ، تارا	حجر رملى ايوسينى
أوليجوسين	»	لاباز ، كونسبسيون	حجر رملى أوليجوسينى
	»	المين El Mene لاروزا	حجر رملى أوليجوسينى
	استراليا	بحيرات انترانس Entrance	» » »
	فرنسا	بكلبرون	حجر رملى حوض الراين
	بولندا	بوريسلاو — تستانوويسى	حجر رملى اولجيوسين منفلق
	الولايات المتحدة	سبيند لتوب	حجر رملى جوانب القبة الملحية
الميوسين	الاتحاد السوفييتى	جروسنى Grosni	حجر رملى تشكراك Chokrak
	»	شبه جزيرة ابشيرون	حجر رملى ميوسيني

الزمن الجيولوجى	البلد	الحقل البترولى	التكوين المنتج
الميوسين	العراق	كركوك ـ كار يارا	حجر جيرى أسمارى
	ايران	هافت كل ـ نافت	» » »
		خانة مسجد سليمان الخ	» » »
	الهند	بنجاب	حجر رملى مورى Morree
	بورما	ينانجيونج Yenangyoung	حجر رملى بيجو Pegu
	اندونيسيا	سوماطرا ـ جاوه بورنيو	حجر رملى ميوسينى
	فنزويلا	لاجونيلاس	حجر رملى ميوسينى
	ترينيداد	فورسترز يرف كروز الخ	مجموعات فورست وكروز
	الولايات المتحدة	كولينجا ـ كتلمان هلز الخ	حجر جيرى سانت مارجريتا
	الولايات المتحدة	مدواى سانست ـ بونتى هلز	حجر رملى جاكساليتوس
البليوسين	رومانيا	باستنارى ـ اكيورى الخ	حجر رملى داكيان
	فنزويلا	مين جراند	» فريشوانر
	الولايات المتحدة	فينتمورا افينيو	حجر رملى لويـدز
	الولايات المتحدة	تورانس ـ فينيسى	حجر رملى ريبيتو Repetto
	الولايات المتحدة	لونج بيتشى ـ سانتافى الخ	حجر رملى الاميتوس Alamitos
	بورنيو	تاراكان	حجر رملى بليوسينى

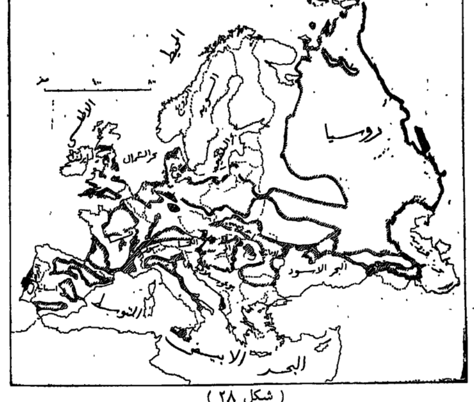
٣ — جيولوجية الحقول البترولية الهامة فى العالم :

يشمل هذا الجزء دراسة التراكيب الجيولوجية Geologec structures وطبقية Stratigraphy طائفة من أهم الحقول البترولية فى العالم ، وكذلك معرفة بعض المعلومات عن الانتاج البترولى لهذه الحقول

أوروبا

حقول الاتحاد السوفييتى :

توجد أحواض ترسيبية Sedimentary basins فى بعض المناطق الأوروبية جنوب الدرع الفنلندى الأسكنديناوى Fennoscandinavian shield ، ولكن معظمها صغير غير منتج ، مع استثناء شرق أوربا حيث تغطى الجزء الأكبر من غرب روسيا بغرب جبهة جبال الأورال رواسب حوضية ، ويقع أكبر أحواض غرب أوربا جنوب البلطيق ، ويمتد من بحر الشمال شرقا عبر ألمانيا إلى بولندا ، كما يوجد حوض ترسيبي قوسى بالغ الأهمية كمصدر للبترول بعد جبهة الكربات



(شكل ٢٨)
أحواض الترسيب وحقول البترول فى أوربا

Carpathïans المحدبة ، وهى التى تشمل أجزاء من جنوب بولندا وشرق رومانيا وشمال بلغاريا ، ويقع الحوض المجرى الأوسط Central Hungarian basin إلى الغرب عبر الكربات ، وتقع فى انجلترا وإيطاليا وفرنسا أحواض ترسيبية صغيرة ، وتنتج روسيا — وهى أهم البلاد الأوروبية إنتاجا للبترول — من الجزء الجنوبى للحوض الترسيبى الروسى الكبير .

١ ب — حقول القوقاز Caucasus oilfields :

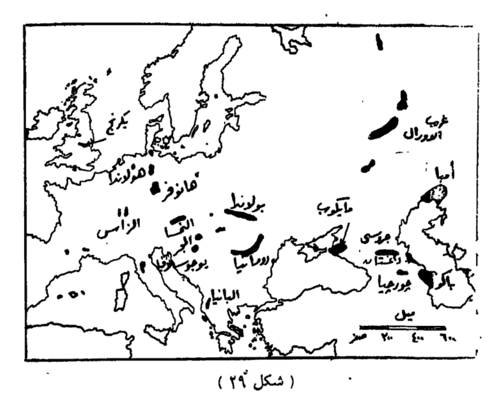
القوقاز هو المضيق الذى يفصل بحر قزوين Caspian Sea عن البحر الأسود ، ويشمل عموده الفقرى سلسلة من الجبال (جبال القوقاز) نشأت نتيجة لحركات التثنى الألبية الثلاثية التى تمتدالى ما يقرب من ١٠٠٠ ميل من شبه جزيرة تامان Taman فى البحر الاسود إلى شبه جزيرة ابشيرون Apscheron فى بحر قزوين ، ويتراوح اتساعها بين ٣٠ و ١٤٠ ميلا . وتقع الحقول البترولية الهامة فى هذه المنطقة عامة فى السفوح الشمالية لجبال القوقاز .

ولقد كانت المنطقة التى تشملها جبال القوقاز الآن تقابل الميل الأرضى Geosyncline فى جزء من بحر تيثيس Tethes حيث ترسبت فى الجورى والكريتاسى رواسب سميكة مصدرها كتلتان صخريتان كبيرتان على جوانبها تكونتا من صخور البريكامبرى المتحولة ، وتحركت هاتان الكتلتان بعضهما تجاه بعض أثناء النشأة الجبلية الثلاثية Tertiary Orogeny دافعة رواسب متقابل الميل الأرضى الواقعة بينها إلى تثنيات معقدة مروحية الشكل مع تكوين براكين عند خطوط الاجهاد الرئيسية واندفاعات زائدة Overthrusts فى الجنوب ، بينما توجد فى قلب جبال القوقاز الحالية صخور بريكامبرية وباليوزويكية معوجة إلى أعلى بفعل التثنى تعلوها رواسب متقابل الميل الارضى الميزوزويكية .

(ا) حقول باكو Baku oilfields أو حقول أبشيرون Apscheron :

تمتد النهاية الجنوبية الشرقية لسلسلة جبال القوقاز غاطسة Plunging إلى شبه جزيرة أبشيرون فى بحر قزوين ، حيث تتركز أكثر الحقول إنتاجا حول باكو.

وطبقية Stratigraphy هذه المنطقة شديدة التعقيد ، نظرا للتغيرات الجانبية الكثيرة للسحن .



(شكل ٢٩)

الخريطة البترولية لأوربا

يبين الجدول التالى طبقية جنوب شرق القوقاز عن جوبكين Goubkin (١٩٣٤) :

العمر الجيولوجي	أقصى سمك	التكوين	الصخرية
الرباعى	٣٠ قدما	الحديث	رواسب طميية
	٣٩٠ قدما	رواسب قزوين القديمة	كونجلوميرات ، رمال — صلصال ، أحجار جيرية
البليوسين الأعلى	٢١٦٠ قدما	ابشيرونى	حجر جيرى رملى — صلصال ، رمل
	١٨٠ قدما	اكاجيلى	صلصال ، رمل ، رماد بركانى
	٤٥٠٠ قدم	الانساق المنتجة	رمال ، غرين — صلصال

البليوسين الأوسط	٩٦٠	قدما	بونتى Pontian	صلصال وطفلة
الميوسين الأعلى	٤٠٨	أقدام	ميوتى — سارماتى علوى	صلصال وطينة دياتومية
	٦٠	قدما	سارماتى أوسط	صلصال مع طفلة سيليسية
	٧٥٠	قدما	سارماتى سفلى	صلصال مع طفلة سيليسية
	؟		أفق سبونيودونتلا — كاراجان	صلصال مع طفلة سيليسيه
الميوسين الأوسط	٦٩٥	قدما	مرحلة البحر الأبيض الثانية	صلصال ورمال
الميوسين الأسفل	١٠٠٠	قدم	نسق مايكوب	صلصال بيتومينى
الاوليجوسين	١٨٠٠	قدم	نسق كاون	طين صفحى — طفل — حجر رملى
الأيوسين باليوسين	٣٠٠	قدم	نسق سامجيت	صلصال — طفلة — حجر رملى
	٩٠٠	قدم	نسق Series الكيداج	طين صفحى — حجر رملى — طفلة
	٦٠٠	قدم	نسق يونوسداج	صلصال — رمال .
	٧٥٠	قدما	نسق كيمكى	حجر جيرى — طفلة — رمال
	١٣٥٠	قدما	نسق تحت كيمكى	طين صفحى — طفلة — كونجلوميرات
كريتاسى سفلى				صلصال طفلى — حجر رملى — كونجلوميرات
	١٥٠٠	قدم	ابتى Aptian	صلصال وحجر رملى
	١٨٠٠	قدم	باريمى Barremian	حجر رملى وحجرجيرى
			نيوكومى Neocomian	حجر جيرى ودولوميت
جورى علوى	؟		تيثونى Tithonian	طين صفحى
جورى أوسط	٤١٠٠	قدم	نسق كينالونج	طين صفحى أسود
جورى أسفل	؟		لياس Lias	

تقع حقول شبه جزيرة أبشيرون Apscheron peninsula oilfields على مجموعة طويلة من خطوط الانثناءات توازى تقريبا التثنى الشمالى الغربى — الجنوبى الشرقى لجبال القوقاز ، ولكن لها فروعاً ولفات كثيرة .

ويوجد غرب قاعدة شبه الجزيرة خط من التركيبات يضرب Strikes غرب — شمال — غرب ، شرق — جنوب — شرق ، بينما يوجد الاتجاه فى الشرق أكثر إلى الشمال — شمال — غرب ، الجنوب — جنوب — شرق ، وتحاط باكو تقريبا بخط من الانثناءات ، كما توجد حلقة كاملة أخرى تقريبا ناحية الغرب حيث تقع حقول لوك — باتان Lok- Batan وبوتا Puta وكر — جز Ker-Gez

وتعزى الاتجاهات الهلالية والصنارية الشكل لخطوط التثنى هذه إلى انزلاق Sliding عام لرواسب هذه المنطقة ناحية المنخفض التشكيلى Tectonxic depression لبحر قزوين ، فيوجد ١٥٠٠٠ قدم من رواسب الثلاثى اللينة تحت شبه جزيرة أبشيرون وصلصال مايكوب Maikop clays ، والطبقات الداياتومية لينة ولدنة ، ومع الارتفاع التدريجى للأراضى القوقازية الخلفية وهبوط الحوض التشكيلى تكون انزلاق Sliding ناحية الشرق لرواسب الثلاثى لوى وشوه خطوط التثنى التى كانت موازية أصلا لجبال القوقاز ، كما أن الفوالق الجانبية ربما تكون قد لعبت دورا فى تكوين خطوط الانثناء المعقدة فى هذه المنطقة .

ويظهر كثير من التركيبات المصاحبة لهذه الخطوط الانثنائية ميلا متزايدا فى محورها ، وتعاقبات أكثر اكتمالا فى الأحواض عن الارتفاعات ، فتدل بذلك على أنها كانت ترتفع خلال الأزمنة الجيولوجية الطويلة ، وعلاوة على ذلك فان اختراق Piercing لب صلصالى Claycore ثلاثى للتكاوين الأحدث منه قد سبب تقوساً منعكس الميل Anticlinal arching للطبقات التى تعلوه ، وهذا يدل على طبيعة التثنى المسمى Diapiric folding لبعض هذه الانثناءات .

وأهم خطوط الانثناءات الخط التركيبى الذى يمتد من كيرماكو وبينا جاوى إلى زيك وجزيرة بسكانى ، ثم ينحرف غربا إلى بيبى — ايبات ، فتوجد مجموعة من الحقول المنتجة الهامة على امتداد هذا الخط تنتج ٣٤ رملا زيتياً

فى الانساق المنتجة العلوية Upper productive Series من أعماق تصل إلى ٣٠٠٠ قدم ، ومن أعماق أبعد فى نفس الانساق .

والعوامل المسئولة عن تجمع الزيت فى هذه الانثناءات هى القيم المحلية والفوالق Local crests .

وأهم الحقول التى تعزى لهذه التركيبات فى هذه المنطقة هى :

حقل بيناجادى Binagady : نشأ فى تركيب منفلق عريض منذ عام ١٩٠١ .

حقــول بلاخانى Balachany سابونكى Sabunchy رومانى Romany وهى فى منعكس ميل شرقى — غربى عريض منفلق غاطس تجاه الشرق ، وحقل سراخانى Surachany وهو من أغنى الحقول فى العالم ، ويوجد فى تقوس عريض منخفض يمتد شمال — جنوب منفلق بكثرة عند القمة ، وحقل بيبى إيبات Bibi-Eibat ويوجد فى قبة عريضة بفوالق مقاطعة عديدة ، وإنتاجه بالنسبة للمساحة أكثر من أى إنتاج فى العالم حيث يعطى إنتاجا من ١٨ أفقا رمليا فى ٥٠٠٠ قدم من الانساق المنتجة ، وحقل لوك باتان Lok- Batan ، وله لب ديابيرى Diapiric core من صلصال ما يكوب ثاقب للطبقات السفلية للأنساق المنتجة وهذا ماكون تركيباً منعكس الميل ، ويأتى الانتاج الضخم به من ٩ آفاق رملية على عمق ٢٧٠٠ قدم ، وحقول بوتا Puta وكرجز Kergez وسولوتب Sulu Tepe الخ .

(ب) حقول جروسنى Grosni fields :

تأتى حقول جروسنى فى كيركاسيا Circassia فى المركز الثانى بعد حقول باكو ، وتقع فى السفوح الشمالية الغربية لجبال القوقاز : ويوجد الحقل فى منعكس ميل جروسنى ، وهو انثناء غير متناسق Asymmetric مواز لسلسلة جبال القوقاز فى مسافة تسعة أميال ، وميل الجناح الجنوبى للانثناء ٣٠ و ٥٠ درجة ، أما الجناح الشمالى فبه غالباً اندفاع زائد Overthrust ، ويأتى الانتاج من رمال شوكراك .

(ﺟ) منطقة حقول مايكوب Maikop fields :

تأتى منطقة مايكوب فى المركز الثالث من حيث الانتاج البترولى فى الاتحاد السوفييتى بعد منطقتى باكو وجروسنى ، وتقع فى شمال القوقاز حيث يأتى الانتاج من الحصى الخشن وجريت نسق مايكوب Maikop series الذى ترسب فى فراغات نحتية فى الطفلة الفورامنفرية الواقعة تحته ، كما يأتى من عدسات رملية داخل نسق مايكوب . والحقول الأولى فى هذه المنطقة هى حقول : أبشيرونسكايا Apsheronskaya ، وخاديزنسكى Khadizenski قرب مايكوب ثم أكتشفت بعدها حقول أخرى كثيرة فى هذه المنطقة .

(د) حقول جورجيا Georgia fields :

يوجد عدد كبير من الحقول الصغيرة فى جورجيا شمال جبال القوقاز أهمها حقول شيراكى Shiraki وميرسانى Mirsaani التى تنتج من تركيبات صغيرة فى الانساق المنتجة Productive series على أعماق تتراوح بين ١٠٠ و ١٨٠٠ قدم أو من آفاق أعمق من ذلك .

(ﻫ) حقول داغستان Daghestan fields :

تقع حقول داغستان فى حزام من رواسب الثلاثى عرضه حوالى ٣٠ ميلا وطوله ٢٠٠ ميل ، وتحيط رواسبه التى يبلغ سمكها حوالى ١٢٠٠٠ قدم ببحر قزوين جنوب باكو .

وتعزى التركيبات المنتجة إلى حركات تثن حدثت فى أواخر الميوسين وأوائل البليوسين سببت تكون عدد من التركيبات العريضة المسطحة اندفع بعضها ناحية الشمال ، ويأتى الانتاج غالبا من رمال الميوسين الأوسط وكذلك من طبقات مايكوب Maikop beds وطبقات الايوسين . وأهم حقول هذه المنطقة هى : داغستان أوجنى Daghestan Ogni ، ودوزلاك Duzlak وبيريكى Berekei والحقول الثلاثة موجودة فى منعكس ميل واحد طوله حوالى ١٨ ميلا وعرضه ٣ أميال . ويوجد حقل كاياكنت Kaia kent فوق منعكس ميل آخر إلى الغرب ، وينتج من رمال شوكراك Shokrak sands أما حقل منعكس ميل ايزرباش Izer Bash فينتج من رمال شوكراك ورمال كاراجان ، وينتج حقل أشى سو Aschi Su من رمال شوكراك السفلية فى منعكس ميل منضغط طوله حوالى ٤١٢ ميلا ويندفع إلى الجنوب الغربى .

٢ — حقول مناطق غرب الأورال West Ural Area oil fields :

تقع منطقة الأورال — فولجا شمال بحر القزوين وتمتد إلى نهر كاما ، وقد أصبحت ذات أهمية بترولية بالغة ، إذ يقدر احتياطها البترولى بحوالى ٢٠ ألف مليون برميل .

ويوجد البترول فى هذه المنطقة بصخور الباليوزويك على امتداد خط يصل إلى ٥٠٠ ميل طولا من ساراتوف Saratov إلى برم Perm وتكون منطقة غرب الأورال جزءا من منعكس ميل أرضى امتد فى أزمنة الباليوزويك فى اتجاه شمالى — جنوبى على حافة الدرع الروسى Russian shield وقد رفعت الرواسب التى تجمعت فيه وتثنت خلال النشأة الجبلية الهرسينية وبنوع خاص فى أزمنة البرمى الاسفل .

وقد اكتشف أول حقل للبترول فى هذه المنطقة ، وهو حقل ايشمباييفو Ishimbayevo فى ١٩٣٢ جنوب غرب أوفا Ufa فى جمهورية باشكير Bashkir

وينتج الحقل بين ١٥٠ و ٩٠٠ قدم من الحجر الجيرى الشعبى للبرمى الأسفل المكون لثلاثة ارتفاعات قبية الشكل Dome - like ، كما يوجد غيرها عدد من الارتفاعات الشعبية الكربونى — البرمى الأسفل يوازى جبال الاورال وتكون خزانات بترولية هامة :

وينتج البترول فى منطقة الفولجا عند يابلونوفاج Yablonovag ، سامارسكايا Samarskaya تويمازى Tuimazy وسفيروكامسك Severokamsk من صخور الديفونى المكونة لتركيبات منعكسة الميل أو لتركيبات شعبية ، ولهذه المنطقة أهمية كبرى فى الاقتصاديات البترولية الروسية .

٣ — حقول منطقة أمبا Emba area fields :

تقع منطقة أمبا الهامة بين الاورال وأنهر أمبا ، وأقدم حقولها هو حقل دوسور Dosor الذى ينتج من أعماق ضحلة من رمال الجورى المنثنية فى قبة إهليجية منفلقة ، كما يوجد البترول مع تركيبات قبية ملحية Salt domes متشابهة تصل فى عددها إلى المائة أو أكثر عند ماكات Makat وبيتشوماس aitchumas وأسكين Iskin ، شوباركودوك Shubarkuduk حيث ينتج من الرمال الموجودة على جوانب وقمم هذه القباب الملحية المدفونة

التى تكون قبابا تركيبية Structural domes فى الرواسب المحيطة ، وينتج معظم البترول فى هذه الحقول من رواسب الجورى ، ولكن حقل ماكات Makat ينتج كذلك من الكريتاسى الأسفل (النيوكومى Neocomian) ومن أفق برمى — ترياسى عميق .

٤ — حقول آسيا الوسطى Central Asia fields :

يكون حوض فرجانا Ferghana basin أهم الحقول فى مناطق آسيا الوسطى حيث اكتشف أكثر من ٥٠ تركيبا تنتج من رمال أو حجر جيرى الاوليجوسين أو الأيوسين ، حيث توجد أهم الانثناءات المنعكسة الميل المستغلة عند شيميون Chimion سل روخو Sel - Rokho وشورسو Shor - Sou وخودج Khaudag ، وترمز Termez ، ودزار — كورجان Dzar-kurgan والثلاثة الأخيرة موجودة شمال الحدود الافغانية .

وتوجد حقول بترولية جيدة كذلك عندكم فى تاد زيكستان ، وفى منطقة شوجاريف بجمهورية الترتر .

٥ — حقول منطقة سخالين Sakhalin fields :

تنتج هذه الحقول كميات كبيرة من البترول فى حزام من رواسب الثلاثى طوله ٢٥٠ ميلا وعرضه ٢٠ ميلا ، تثنت فى الحركة الألبية وكونت انثناءات ذات اتجاه شمالى — جنوبى .

وأهم حقول هذه المنطقة هى اوكا Okha ، وأكابى Ekhabi ، وفيجرك Vigrek وكاتانجورى الخ حيث ينتج معظم البترول من عدسات رملية فى الميوسين الأعلى تعلو طينا صفحيا عضويا من الميوسين الأوسط يعتبر أنه هو صخر المصدر Source rock ، كما ينتج البترول كذلك من آفاق بليوسينية كثيرة .

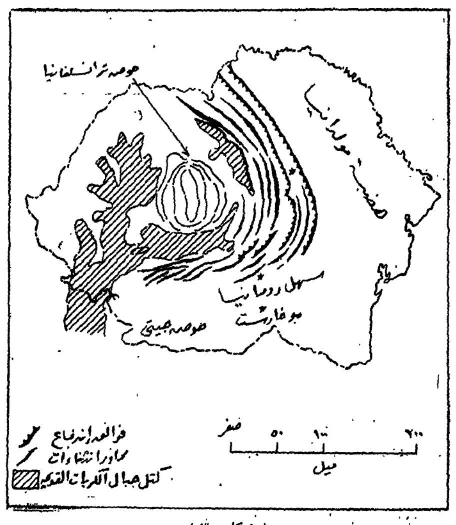
حقول رومانيا :

تكون جبال الكربات Carpathian Mountains العامل الغالب فى طبوغرافية وتركيبات رومانيا ، وتكون هذه الجبال قوسا كبيرا فى شرق رومانيا يمتد من الشمال إلى الجنوب .

وهناك منطقة منخفضة تقع إلى الخارج من هذا القوس وتكون الأراضى

الأمامية Forelands لسلسلة جبال الكربات داخل حوض ترانسلفانيا Transylvania وقد كان الحزام الخارجي حوض هبوط خلال الثلاثى تجمع فيه أكثر من ١٠,٠٠٠ قدم من الرواسب ، ثم تثنت هذه الرواسب بشدة فى أواخر الثلاثى ، وتدخلت فى رواسب الثلاثى إبان أواخر البليوسين وأوئل البليستوسين الكثير من الكتل الملحية التى يصحبها كثير من المصادر البترولية أو الغازية .

ويوجد الغاز فى حوض ترانسلفانيا ، كما توجد حقول غاز وزيت فى منطقتين بالقوس الخارجي هما منطقتا ولاشيا Walachia الواقعة جنوب



(شكل ٣٠)

يبين الظواهر التشكيلية البترولية الهامة فى رومانيا

الكريات ، وتنتج معظم بترول رومانيا ، ومنطقة مولدافيا Moldavia وتقع شرق الكريات .

والصخور الخازنة للبترول فى رومانيا هى الأحجار الرملية من عصر البليوسين وإن كانت بعض صخور الثلاثى القديم فى مولدافيا تختزن البترول كذلك .

منطقة ولاشيا Walachia district :

تعرف هذه المنطقة أيضا بمنطقة بلوستى ploesti أوبراهوفا Prahova وتنتج أكبر كميات من البترول فى رومانيا، علاوة على نصف انتاج رومانيا من الغاز.

ويعزى الاختزان فى هذه المنطقة إلى التثنى المنعكس Anticlinal ، وفى بعض المناطق يوجد البترول فى أعلى الأحجار الرملية الثلاثية المسحوبة على جوانب التدخلات الملحية .

منطقة مولدافيا Moldavia district :

توجد هذه المنطقة من الناحية التشكيلية Tectonically فى نطاق الفليس الكرباتى Carpathian flysch zone الشرقى ، وهو إقليم به فوالق زائدة الاندفاع Overthrust faulting بالغة الشدة ، وتتركز حقول البترول على امتداد خطوط الفوالق .

منطقة ترانسلفانيا Transylvania district :

توجد حقول الغاز الكثيرة قرب وسط الحوض فى أحجار رملية ميوسينية مكونة مصايد منعكسة الميل يعتقد أن لها لبا ملحيا Salt core فى أعماقها .

حقول البترول فى المانيا :

يأتى الجزء الأكبر من الانتاج البترولى فى ألمانيا من حوض زخستين Zechstein basin فى شمال ووسط المانيا، بينما يأتى الجزء الباقى من حوض الراين Rhine Graben ومنطقة الأراضى الأمامية الألبية Alpine foreland

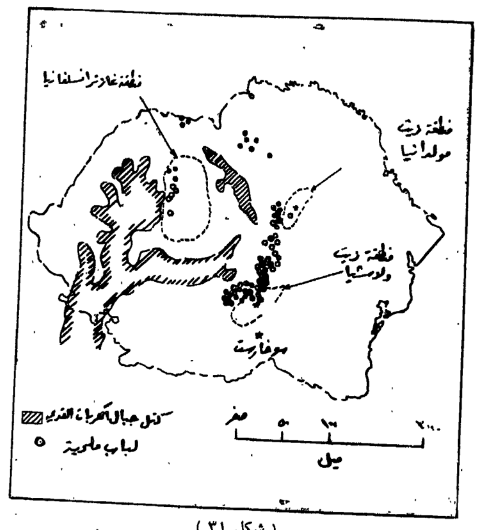
حوض زخستين Zechstein basin :

بدأ هذا الحوض يتكون فى أوائل العصر البرمى ممتدا من انجلترا إلى روسيا عبر المانيا . وقد غطت رواسبه جبال الفاريسكان Variscan mountains

ورواسب Rotliegend الأرضية التي ملأت المنخفضات الواقعة بين هذه الجبال .

وتتكون رواسب الزخستين أساسيا من الدولوميت، والحجر الجيرى ، والطين الصفحى . والطفلة يعلوها سمك كبير من الجبس والملح ترسبت بعد أن أغلق البحر وبدأ فى الجفاف.

وهذا الافق الملحى البرمى هو مصدر القباب الملحية العديدة التى توجد حاليا فى شمال ألمانيا، والتى كونت الظاهرة التركيبية الأساسية فى تجمع البترول بتلك المنطقة .



(شكل ٣١)
يبين التركيبات ذات اللب الملحى ومناطق الزيت والغاز فى رومانيا

ولقد تاثر الحوض بعد بداية ظروف المياه المويلحة فى أوائل الترياسى بدرجات متباينة من الانخفاض ، فوقف الهبوط فى المنطقة الواقعة جنوب هال عند نهاية الأزمنة الترياسية ، بينما استمر الانخفاض فى الشمال لغاية أزمنة البليستوسين ، وهذا نشأ عنه تكوين كتلة كبيرة من رواسب الميزوزويك والثلاثى تعلو الرواسب الملحية .

وقد تميزت هذه المنطقة الشمالية إبان الجورى إلى حوضين : أحدهما شمال شرق والآخر شمال غربى ، يفصلهما ارتفاع طويل ضيق Ridge ، وتوجد معظم الحقول البترولية فى الحوض الشمالى الغربى .

ويوجد محورا تثن Folding axes فى ألمانيا ، نتج أولهما من النشأة الجبلية الهرسينية Hercynian orogony فى نهاية العصر الكربونى وكوّن جبال الهارز Harz mountains والارتفاعات الطويلة الضيقة فى فلشتنجر Flechtinger وبومبكى Pompecki ، ويمتد فى اتجاه جنوب شرق—شمال غرب ، يقطعه المحور الثانى Rhenish trend فى اتجاه جنوب جنوب غرب — شمال شمال شرق الذى يتميز بنوع خاص فى الجزء الجنوبى الشرقى الهانوفرى Hanoverian من الحوض .

وتقسم منطقة البترول فى ألمانيا الشمالية من الناحية التشكيلية إلى منطقة تثن جانبية فى الجنوب والجنوب الغربى ، ومنطقة تركيبات قباب ملحية فى الجزء الداخلى من الحوض .

وتوجد انثناءات بسيطة فى منطقة التثنى حيث تتخلل الرواسب الملحية رواسب أخرى .

كما يوجد فى الجزء الداخلى من حوض هانوفر عدد كبير من القباب الملحية تقع فى أحزمة تمتد شمال غرب — شمال شمال شرق من جبال الهارز ، وشمالا من وسط نهر ويسر Weser River ، كما توجد قباب ملحية كذلك على امتداد نهر الر Aller River وفى شرق فريزلاند Friesland مصاحبة خطوط الفوالق أو تقاطعها .

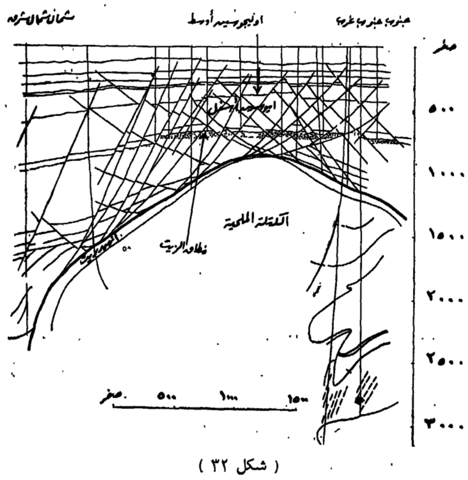
والمعتقد أن حركة الملح إلى أعلا نشأت من ضغط جانبى ، وأنها اتبعت

فى سريانها إلى أعلى ممرات المقاومة الضعيفة ، كالانثناءات الملحية والفوالق وعدم التوافق .

وقد حدث التدخل الملحى فى حوض هانوفر بدرجات مختلفة متراوحة من البونتر Bunter إلى الثلاثى .

ويوجد عدد من حقول البترول فى هذه المنطقة أهمها حقول نينهاجن Nienhagen وويتز Wietze واوبرج Oberg وأولهيم–أديسى Olheim- Eddesse ورايتبروك Reitbrook

وهذه الحقول تقع فى شمال شرق مدينة هانوفر ، وتنتج البترول من آفاق تمتد بين الريتى Rhaetic والطباشيرى الأسفل .



(شكل ٣٢)

قطاع عرضى فى حقل رايتبروك

ثانيا – حقول آسيا وأفريقيا

حقول إيران والعراق :

يمكن اعتبار العراق وإيران معا كمكونين لإقليم بترولى ضخم واحد ، تمتد مساحاته المحتوية على البترول فى قوس ضخم من الموصل فى الشمال إلى بندر عباس على الخليج الفارسى ، وبها استكشفت حقول البترول فى تثنيات الثلاثى المصاحبة للحركة الألبية الدينارية Dinaride Alpine movement لجبال زاجروس Zagros mountains

وقد تجمعت رواسب Sediments حزام إيران والعراق البترولى فى متقابل ميل أرضى ثلاثى Tertiary geosyncline ضخم، كون جزءا من مجموعة متقابلات الميل الأرضية الأساسية الممتدة من جبل طارق حتى جاوه .

فبدأ البحر ينحسر عن الجزء الجنوبى الشرقى لمتقابل الميل الأرضى هذا خلال أواخر، الثلاثى فنتجت عنه رواسب مياه ضحلة، وتوجد صخور الرباعى Quaternary فى مجموعة وديان نهرى دجلة والفرات ، تحدها من كل جانب أحزمة صخرية من النيوجين، والباليوجين ، والميزوزويك ، بينما تتعرض بعض طبقات الباليوزويك فى وديان جبال زاجروس العميقة المنفلقة .

ويمكن أن تلخص طبقية هذه المنطقة فيما يلى :

بليستوسين وهولوسين Holocene : طمى نهرى حصى وشواطئ مرفوعة

	١ – باختيارى أعلى – حجر جيرى خشن – كونجلوميرات وغرين
بليوسين – ميوسين أوسط (سمك كلى ١٢ ألف قدم)	٢ – باختيارى سفلى Lower Bakhtiari غرين ، طفلة ، كونجلوميرات مع بعض أنهيدريت .
	٣ – فارس علوى Upper Fars طفلة حمراء ، وغرين ، وأحجار رملية .
	٤ – فارس أوسط Middle Fars طفلة رمادية ، وأحجار جيرية .

ميوسين متوسط — سفلى (سمك كلى ٤٠٠٠ قدم)	: أنساق فارس السفلى Lower Fars Series طبقات متبادلة من طفلة رمادية وملح وأنهيدريت
أوليجوسين — ميوسين أسفل (سمك كلى ٢٥٠٠ قدم)	١ — أنساق حجر جيرى اسمارى Asmari limestons Series يصل سمكها إلى ١٥٠٠ قدم . ٢ — طفلة جلوبيجراينية — أحجار جيرية ناموليتية — رماد — طبقات أنهيدريت وملح
طباشيرى علوى — ايوسين (سمك كلى ١٠,٠٠٠— ٢٠,٠٠٠ قدم)	: طفلة بيتومينية وحجر جيرى رفيع ، الطبقية مع أنهيدريت سميك محلى .
طباشيرى أوسط وسفلى (سمك كلى ٥٠٠٠ قدم) جورى (سمك كلى ٣٠٠٠ قدم) ترياسى (سمك كلى ٤٠٠٠ قدم) برمى (سمك كلى ٣٠٠٠ قدم)	أحجار جيرية ودولوميتية مع طبقات أنهيدريت محلية
أوردوفيشى — كربونى (سمك كلى ٣٠٠٠ قدم)	طين صفحى وأحجار رملية رفيعة .
كمبرى يصل إلى ٧٠٠٠ قدم	أحجار جيرية رفيعة ، طبقات ملحية وطين صفحى أحمر .

هذا ويوجد عدد كبير من القباب الملحية التى تأخذ عادة شكل كتل اسطوانية كبيرة قطرها بين ٣ و ٤ أميال متدخلة فى رواسب جنوب غرب إيران وجزر الخليج الفارسى ، ويقدر عمر الملح بأنه من الكامبرى ، وأن التدخل قد نشط فى الثلاثى العلوى . وتصحب هذه الكتل الملحية فى أغلب الأحوال قمم الانثناءات المنعكسة الميل .

وقد حدثت حركات التثنى الأساسية فى متقابل الميل الأرضى بأزمنة الميوسين العلوى والبليوسين، حين كان قاع متقابل الميل الأرضى يهبط بسرعة ، واستمر التثنى متقطعا إلى أزمنة البليستوسين ، واتخذت الحركة اتجاها لها شمال شرق إلى جنوب غرب، وأخذت الانثناءات فى الاتساع عرضا مع ضعف فى شدتها ناحية الجنوب الغربى ، فتوجد فى الجزء الشمالى الشرقى من إيران مجموعة من الاندفاعات الزائدة الكبيرة Overthrusts ، تتبعها إلى الجنوب الغربى سلاسل جبال محكمة التثنى والتفلق، تأتى بعدها تدريجيا انثناءات خفيفة تأخذ فى التلاشى عبر حزام العراق الشرقى ناحية شبه الجزيرة العربية ، ويختلف تثنى الصخور السطحية فى كثير من الأحيان أساسيا عن تثنى طبقات تحت السطح نظراً لتلدنية Plasticity الطبقات السطحية وسريان محتوياتها الملحية ،

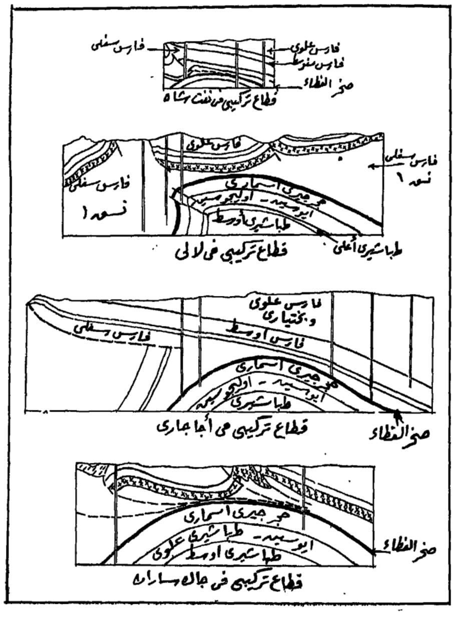


(شكل ٣٣)
تشكيلات الشرق الاوسط (من بيكار)

ولذلك تمسح هذه المناطق جيوفيزيائيا عادة وخاصة فى إيران بطرق الانكسار الزلزالى Seismic refraction لتحديد تركيبات تحت السطح .

حقول إيران :

حقل مسجد سليمان : اكتشف هذا الحقل فى عام ١٩٠٨ ولكنه مازال من أكبر حقول البترول فى العالم . حفرت البئر الأولى منه فى منطقة نضح سطحى



(شكل ٣٤)
يبين تركيبات حقول ايران البترولية بقطاعات تركيبية عرضية

فوق منعكس ميل من فارس السفلى Lower Fars ثبت فيما بعد أنه مستقل تماما عن منعكس الميل الأساسى الموجود تحت السطح .

وقد حددت الأعمال الزلزالية Seismic وحفر الآبار ، بعـــد ذلك تركيب تحت السطح الذى يعرف الآن بأنه قبة بسيطة ذات جانب متحدد فى الجنوب الغربى وجانب شمالى شرقى بسيط الميل وقمة Crest منبسطة .

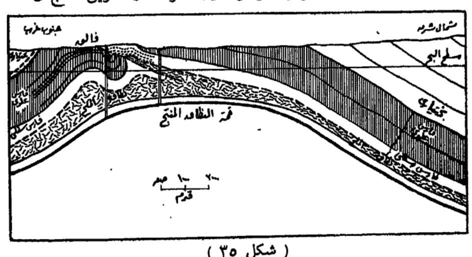
وينتج البترول من حجر جيرى اسمارى Asmari limestone .

ومن الحقول الهامة الأخرى فى إيران حقول هافتكل Haft kel وينابيع الزيت الأبيض White oil springs أغا جارى Agha Jari وجاك ساران Gach Saran وتنتج كلها من حجر جيرى اسمارى Asmari limestone كما يتبين من الشكل السابق .

حقول العراق

حقل كركوك Kirkuk Field :

حفرت البئر الأولى فى هذا الحقل فى عام ١٩٢٥ قرب « النيران الأزلية » Eternal Fires على قبة منعكس ميل كركوك ، وقد ثبت أن الحقل يوجد فى انثناء بسيط متوسط التماثل Fairly symmetrical يمتد إلى خمسة وستين ميلا فى اتجاه شمال غرب — جنوب شرق ، وله سطح عريض منبسط ، ويوازى سلسلة الجبال الايرانية الموجودة إلى الشرق ، والتكوين المنتج فى هذا

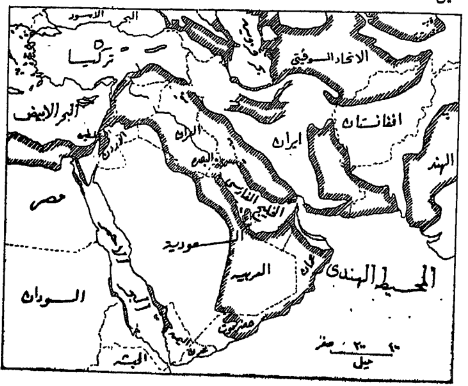


(شكل ٣٥)

قطاع عرضى جنوبى غربى — شمال شرقى فى حقل كركوك

الحقل أيضاً هو حجر جيرى اسمارى ، ولكنه هنا من الايوسين العلوى والاوليجوسين ، كما ينتج أيضاً من بعض الأحجار الجيرية فى الآفاق الانتقالية الأعلى .

هذا وتنتج العراق كميات كبيرة من البترول من حقول أخرى أهمها حقل كايارا Qayarah وعين زله Ain Zalah الواقعة على الجانب الغربى من نهر دجلة ، وكلاهما أنتج من تكاوين صخور الميوسين والطباشيرى العلوى المنعكسة الميل .



(شكل ٣٦)
يبين أحواض الترسيب وحقول البترول فى الشرق الأوسط

حقول البترول فى السعودية العربية :

تكون السعودية العربية فى جزئها الشرقى الممتد من الحدود العراقية حتى المحيط الهندى جزءا من حوض الترسيب الكبير للشرق الأوسط الذى ترسبت به الأحجار الجيرية الحاملة للبترول فى سمك كبير .

ويوجد صخر الخزان فى حقول السعودية باستثناء واحد منها هو حقل أبو حادرية فيما يسمى بالنطاق العربى Arab Zon وهو تتابع من الأحجار

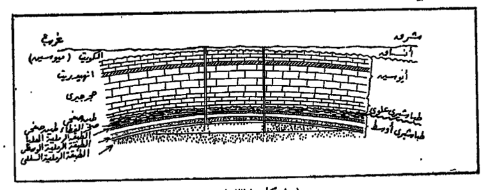
الجيرية الجورية ، أما فى حقل أبى حادرية — وهو آخر الحقول شمالا — فيوجد الخزان البترولى فى أحجار جيرية جورية على عمق ٣٠٠٠ قدم تحت النطاق العربى .

وتتركب المصايد البترولية فى كل الحقول البترولية السبعة فى هذه المنطقة من منعكسات ميل، كما يوجد فى أحدها ، وهو حقل دمان Damman ، تفلق Faulting كذلك .

وقد نشأ حقل مادن من تجمع البترول فى قبة دائرية تقريبا قطرها ٤ أميال فى اتجاه ، وثلاثة أميال فى اتجاه آخر ، ويظهر هذا التركيب مغايرة جاذبية سالبة Negative gravity anomaly وربما كان قبة ملحية ، ويشمل حقل ابقايق Abqaiq منعكس ميل مستطيل يمتد إلى أكثر من ٣٠ ميلا طولا ، وعرضه بين ٥ و ٦ أميال .

حقول البترول فى الكويت :

يعتبر حقل البرجان Burghan field، الذى اكتشف فى ١٩٣٨ ، أكبر تجمع بترولى منفرد فى العالم ، إذ يبلغ إنتاجه بمفرده حوالى ٣ ٪ تقريبا من الإنتاج البترولى العالمى ، بينما يقدر مخزونه بما يتراوح بين ٩ بلايين و ٤٠ بليون برميل ، وبذلك يكون أوسع الحقول البترولية المكتشفة فى العالم ، وينتج البترول فى حقول البرجان من ١١٠٠ قدم من الأحجار الرملية فى الطباشيرى الأوسط المنعكسة الميل .



(شكل ٣٧)
قطاع عرضى فى حقل برجان بالكويت

حقول البترول فى مصر

التركيب والطبقية :

توجد حقول البترول فى مصر الآن محصورة فى مناطق خليج السويس والبحر الأحمر ، وقد بنيت بفعل حركات نشأة القارات Epeirogenic movements المستمرة من الميزوزويك أو ما قبل ذلك إلى البليوسين وما بعده .

وصاحب ارتفاع وتقبب Bulging up الدرع الأفريقى العربى فى سينا والصحارى الشرقية والغربية مجموعتان ظاهرتان من الظواهر التشكيلية :

(ا) ارتفاعات وتركيبات تثن فى شمال مصر وسينا ، شاملة اقليم حقول البترول ، حيث تظهر تركيبات التثنى ذات الاتجاه الشمالى الغربى — الجنوبى الشرقى فى مناطق مصرية متعددة مثل البحرية ، أبورواش الخ ، ولكنها تضعف فى الأهمية من ناحية الأجزاء الغربية من البلاد .

وأكثر تركيبات التثنى هذه أهمية هو التقوس المنعكس الميل الكبير الذى شمل كل منطقة خليج السويس إبان أوقات الاوليجوسين — أوائل الميوسين ممتدا فى اتجاه شمال غرب — جنوب شرق .

وتحيط هذه الانثناءات فوالق مدرجة Step faults عديدة ، وبعض المؤلفين يعزو لها السبب فى إمالة صخور القاع الصلبة وتقوس الصخور الرسوبية الأقل صلابة وضغطها مقابل مستويات التفلق .

(ب) تركيبات تفلق ذات اتجاه شمالى غربى — جنوبى شرقى تكونت من قوى شديدة شعاعية Tensional radial forces صاحبت تقبب الدرع الأفريقى العربى ، وهى التى كونت الوديان الحوضية Trough valleys ومنخفضات خليج السويس وخليج عدن والبحر الأحمر ، كما تشمل مجموعة من الفوالق ناشئة عن قوى كابسة Compressional forces تتبع الإجهاد العام للدرع الأفريقى الكابس فى اتجاه شمالى ، وتمتد هذه الفوالق فى اتجاه شرق — غربى فى غرب الخليج ، وفى اتجاه غربى جنوبى غرب — شرقى شمالى شرق فى سينا تقطعها فوالق شد مائلة .

وقد كان لهذه الحركات التفلقية تأثيرات هامة على تكوين أحواض البحر الأحمر والخلجان ، كما فلقت صخور الدرع الأفريقى تفلقا مدرجا وجزأت الصخور الرسوبية التى تعلوها إلى كتل فالقية Fault blocks مشوهة ومقوسة الصخور الأكثر تلدنية .

وتوجد علاوة على حركات النشأة القارية هذه ومجموعات الانثناءات ذات الاتجاه الشمالى الغربى — الجنوبى الشرقى ومجموعات الفوالق المختلفة المرتبطة بها مجموعات تثن ذات اتجاه شمالى شرقى — جنوبى غربى ، وهى جزء من مجموعة القوس السورى Syrian arc وحركات نشأة الجبال Orogenic movements المتسعة التى حدثت فى أزمنة الميوسين العلوى والبليوسين المرتبطة بالحركات الألبية الدينارية (Alpine (Dinaride التى كونت جبال زاجروس Zagros mountains

وتظهر هذه التثنيات القوية ذات الاتجاه الشمالى الشرقى — الجنوبى الغربى عند جدى Giddi ويلج Yelleg وهلال Halal ، وأم مخاصة ، وفالج ، ومندرة اللثيلى ، ولبنى ، ومغارة أم مفروث ، وريسان عنيزة ، ولكنها ضعيفة الظهور على السطح أو لا تظهر كلية فى المناطق الواقعة غرب النيل .

ويمكن إجمال التتابع الطبقى العام فى منطقة حقول البترول بالصورة الآتية :

١ — حديث وبليستوسين : رمال جريت — كونجلوميرات .

٢ — بليوسين : انساق حجر جيرى — جريت تعلو عدم توافق .

٣ — بليوسين ميوسين : حجر جيرى دولوميتى علوى .

٤ — ميوسين : أنساق لاغونية : تبخريات طين صفحى — طفلة الخ Lagoonal or gypseous series — حجر جيرى دولوميتى سفلى — انساق جلوبيجيرابنا Globigerina series

٥ — عدم توافق .

٦ — ايوسين — أحجار جيرية .

٧ — طباشيرى علوى أو علوى وسفلى — رمال ، طين صفحى كربونى ، طباشير ، حجر جيرى .

٧ — جورى : طين صفحى وأحجار جيرية وأحجار رملية .

٨ — كربونى : أحجار رملية وطين صفحى .

٩ — بريكامبرى : صخور قاعية نارية ومتحولة .

وتشمل الحقول المصرية المنتجة فى الوقت الحالى : الغردقة — رأس غارب — سدر — عسل — مطارمة — وادى فيران — بلاعيم ، وسنختار كمثال لها حقل رأس غارب .

وطبقية هذا الحقل تشمل الترتيب التالى :

١ — حديث — بليوسين : جريش Grit ، كونجلوميرات ورمال قطرانية .

٢ — ميوسين : انهيدريت غالبا يستبدل عند قاعدته فى الأجزاء الشرقية بطفلة وأحجار جيرية شعبية .

٣ — طباشيرى : يفصله عدم توافق عن انهيدريت وطفلة وأحجار جيرية الميوسين ، ويتكون من طباشير وأحجار جيرية متبادلة مع أحجار رملية .

٤ — كربونى : يتكون الأفق العلوى من حجر رملى ، يقع تحته الأفق المتوسط ، مكونا من طين صفحى أسود متبادل مع رمال ثم أقدم الأفق الكربونية المكونة من رمال .

٥ — بريكامبرى : صخور نارية ومتحولة .

التركيب : يعزى تركيب الحقل إلى حركتين :

١ — حركة قبل الميوسين التى رفعت التكاوين من البريكامبرى إلى الكريتاسى ، وهذه إحاطت طبقات ما قبل الميوسين بفوالق من الغرب والجنوب وامالتها إلى الشرق .

٢ — حركة بليوسينية قوست عدم التوافق الواقع فوق طبقات الميوسين إلى تركيب شبه قبى يميل إلى اتجاهات الشمال الغربى ، والجنوب الغربى والجنوب الشرقى والشمال الشرقى ، وفلقت كل الكتلة الميوسينية وصخور ما قبل الميوسين .

الآفاق المنتجة Producing horizons :

ينتج حقل رأس غارب من خمسة آفاق مختلفة :

١ — الحجر الجيرى الشعبى الميوسينى عند الجنب الشرقى للتركيب .

٢ — الطباشير والحجر الجيرى الكريتاسى .

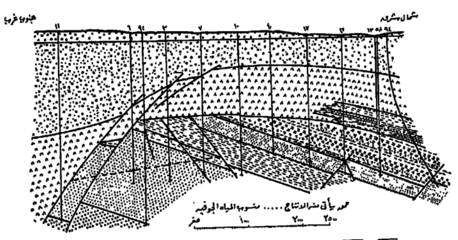
٣ — رمال الكربونى العلوى النسق (ا) A Series

٤ — رمال الكربونى السفلى النسق (حـ) C Series

٥ — الرمال البترولية الأساسية للكربونى السفلى النسق (د) D Series

طبقة المصدر Source bed :

يظن أن الطفلة الجلوبيجرابنية الميوسينية Miocene Globigerina Marl هى طبقة المصدر للبترول المتجمع فى الحجر الجيرى الشعبى الميوسينى ، وأن الطين الصفحى الكريتاسى هو مصدر الزيت المتجمع فى الطباشير والحجر الجيرى الكريتاسى ، أما مصدر بترول تكاوين الكربونى فلا زال غير معروف .



(شكل ٣٨)

حقل رأس غارب

١ — الحديث — البليوسين : جريش ورمال وكونجلوميرات حديث — للبليوسين

٢ — الميوسين : أنماط الأنهيدريت المستبدلة جزئيا بطفلة وأحجار جيرية شعبية فى الجانب الشرقى .

٣ — كريتاسى : طفلة — أحجار جيرية ورملية .

٤ — كربونى علوى : أحجار جيرية .

٥ — كربونى سفلى : أنساق طين صفحى أسود .

٦ — كربونى سفلى : رمال وطين صفحى متبادلة .

٧ — كربونى سفلى : رمال الزيت الأساسى .

٨ — صخور نارية وتحولية .

ثالثاً — حقول البترول فى جزر الكاريبى وأمريكا الجنوبية

ترينيداد Trinidad :

تتصل جغرافية وجيولوجية هذه الجزيرة اتصالا وثيقاً بفنزويلا ، إذ أنها مكونة نتيجة ترسيب رواسب مجموعة نهر أورينوكو Orinoco River، كما تتكون السلسلة الجبلية الشمالية أساسيا كجزء من الانثناء الانثدى Andean foldالذى يمتد على السواحل الشمالية والغربية لأمريكا الجنوبية .

وتتكون معظم الصخور الخزانية فى ترينيداد من رمال ميوسينية ، كما وجدت حديثا خزانات أوليجوسينية فى حقول عديدة .

ويأتى ٩٠ ٪ من الانتاج من حزام يمتد عبر الجزء الجنوبى الغربى لشبه جزيرة ترينيداد من برايتون على الساحل الشمالى لشبه الجزيرة إلى بالوسيكو Palo seco قرب الشاطئ الجنوبى حيث يوجد أهم الحقول ، وهو حقل فورست ريزرف Forest Reserve، ويليه فى الأهمية حقلا بوينت فورتن Point Fortin وبينال Penal .

وقد نشأت معظم المصايد البترولية فى الجزيرة بفعل التثنى المنعكس الميل، كما تتفلق هذه التثنيات فى بعض الحقول مثل حقل بينال ، وقد يسبب التفلق نشأة المصايد فى عدد قليل من الحقول .

فنزويلا Venezuela :

تأتى فنزويلا فى قائمة الانتاج العالمى الثانية مباشرة بعد الولايات المتحدة الامريكية . وتشمل فنزويلا ثمانى مقاطعات جغرافية طبيعية Physiographic ممتدة من الغرب إلى الشرق ، وهى :

١ — حوض بحيرة ماركايبو Maracaibo Lake Basin : وهو منخفض تركيبى وجغرافى .

٢ — إقليم فالكون Falcon Region ، ويقع بين الجبال والبحر شرقى بحيرة ماركايبو .

٣ — الانديز الفوينزويلى Venezuelan Andcs .

٤ — السلسلة الساحلية Coast Range : وهى تكملة للأنديز الفنزويلى على امتداد الساحل الشمالى لفنزويلا إلى ترينيداد .

٥ — جزر البحر الكاريبى : وهى جزء من السلسلة الساحلية ، وتقع عند الساحل الشمالى .

٦ — لانوس Lanos : وهى منطقة شاسعة من السهول تمتد من الغرب للشرق عبر وسط فنزويلا .

٧ — إقليم الدلتا Delta Region وهو إقليم مستنقعات صغير فى شرق فنزويلا يتلقى صرف مجموعة نهر اورينكو .

٨ — مرتفعات جوايانا Gwayana Highlands : وهى تشمل نصف البلاد تقريبا ، وتوجد فى الجزء االجنوبى الغربى منها ، وتمثل الركن الشمالى الغربى للدرع البرازيلى البريكامبرى .

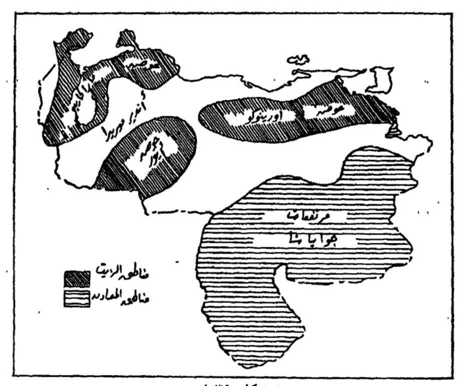
هذا ويشمل التاريخ الجيولوجى لفنزويلا توجيه ضغط من منطقة البحر الكاريبى فى اتجاه جنوبى إلى رواسب متقابل ميل أرضى أورينوكو Orinoco geosyncline فتثنت مقابل درع جوايانا ، بحيث توازى خطوط التثنى حافة هذا الدرع . وتكونت الانديز الفوينزويلية ، والسلسلة الكاريبية والسلسلة الشمالية لترينيداد بهذه الطريقة بضغط جنوبى إبان التثنى الاندى Andean folding الكبير فى أزمنة الثلاثى . وتظهر الهزات الأرضية المتكررة فى هذه المنطقة أن قوى النشأة الجبلية مازالت نشطة ، كما أن جزيرة ترينيداد لم تنفصل عن

الكتلة الأرضية الأساسية إلا فى الأزمنة الحديثة بفعل الهبوط المحلى لمتقابل ميل خليج باريا Gulf of paria syncline

وتشمل تشكيلات Tectonics حوض ماركايبو وجود متقابل ميل أرضى فى هذه المنطقة بين سيرا دى بريجا Sierra de Perija فى الغرب وسيراانديا دى تروجيلو Serrandia de Trujillo فى الشرق وجبال الأنديز الفنزويلية فى الجنوب .

وتحصر هذه السلاسل الثلاث متقابل ميل عميق شمالى جنوبى تقع فيه بحيرة ماراكايبو ، فتعكس الرواسب الميول ذوات الاتجاه الداخلى Inward dips من السلاسل الجبلية الثلاث المحيطة بها ، وتوجد أمام سلاسل الجبال منطقة ضيقة ذات تفلق شديد ، حيث يوجد الجانب الهابط من الانفلاق ناحية البحيرة .

ويوجد داخل حوض ماراكايبو عدد من تركيبات التثنى المحلية أجنحتها شديدة الانحدار غالباً ، منقلبة Overturned فى ناحية البحيرة ، وسهلة الانحدار فى الجوانب الخارجية .



(شكل ٣٩)
يبين الأحواض الترسيبية فى فنزويلا

حقول البترول فى غرب فنزويلا :

من أهم حقول البترول فى فنزويلا حقل لاجونيلاس Lagunillas فى حوض ماراكايبو الذى ينتج حوالى ٣٠٠,٠٠٠ برميل فى اليوم من تركيب وحيد الميل Monoclinal structure تتخطى فيه طبقات الأوليجوسين – الميوسين طبقات الأيوسين ، ويأتى البترول فى هذا الحقل من أفق يطلق عليه محليا أنساق لاروزا ، وأنساق لاجونيلاسى La Rosa,La gunillas Series .

ويشمل حوض ماراكايبو حقولا بترولية هامة أخرى منها لاروزا La Rosa امبروزيو Ambrosio وبونتابنتز Punta Benitez حيث يكون التركيب الأساسى منعكس ميل شمالى غربى – جنوبى شرقى ولكن المصيدة طبقية Stratigraphic trap فى أساسها ، ويأتى البترول من نفس الأفق المنتج كحقل لاجونيلاسى .

وتوجد فى الجانب الشمالى الغربى من بحيرة ماراكايبو حقول لاباز La paz وكونسبسيون Concepcion على تركيب منعكس الميل متفلق بشـــدة فى لابازا ، وقبة عريضة فى كونسبسيون .

وينتج الحقلان من أفق أوليجوسين–ايوسين ، ومن خزان فى الطباشيرى العلوى .

حقول البترول فى شرق فنزويلا :

يوجد أكبر مخزون بترولى فى شرق فنزويلا فى كويريكوير – جوزبين Quiriquire - Jusepin حيث يأتى الانتاج من مجموعة من المصايد الطبقية مصاحبة لتفلق نشأت لأن تكاوين الميوسين أسفنت Wedged out مقابل سلاسل جبال الساحل الشمالى .

وتشمل المنطقة الشرقية لحقول فنزويلا مجموعة من الحقول فى أوفيسينيا Oficinia تنتج من عدة آفاق لتكاوين رمال ميوسينية وحيدة الميل أو متفلقته ، ومجموعة حقول سان يواكين San Joaquin التى تنتج من منعكسات ميل أو قباب رمال الميوسين .

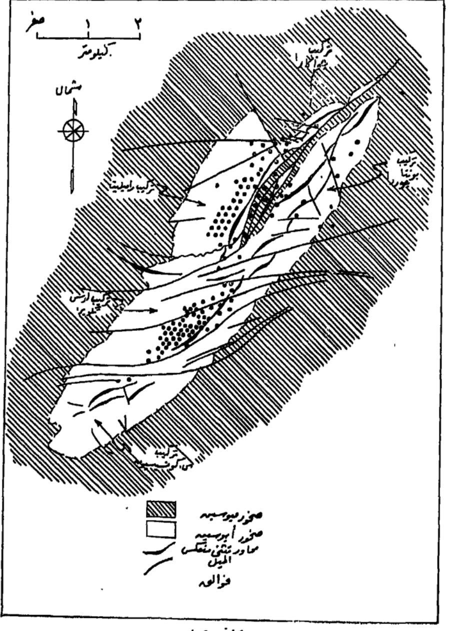
رابعاً — حقول الولايات المتحدة وكندا والمكسيك

تنقسم الولايات المتحدة إلىست مناطق بترولية تقع فيها أهم الحقول البترولية وهى :

١ — الولايات الشرقية　　٢ — وسط القارة

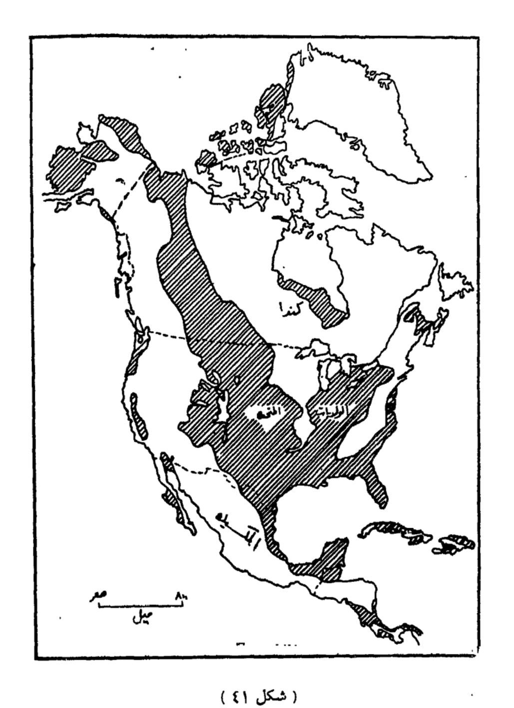
٣ — تكساس　　٤ — منطقة القبة الملحية لشاطى الخليج

٥ — منطقة جبال الروكى　　٦ — كاليفورنيا .



(شكل ٤٠)

ببين الجيولوجيا المساحية Areal geology والظواهر التركيبية الأساسية في حقل كونسبسيون



(شكل ٤١)

يبين أحواض الترسيب فى أمريكا الشمالية

١ — الولايات الشرقية

(ا) أبالاشيا Appalachia :

امتد متقابل ميل أرضى من عند ولاية نيويورك الحالية فى اتجاه جنوب غرب ألباما Alabama وترسبت فى هذا المنخفض كميات كبيرة من رواسب الباليوزويك ، وتجمع الزيت فى المنطقة الواقعة بين جنوب غرب نيويورك وشرق كنتاكى kentucky فى تركيبات سهلة على حافة الكتلة الهرسبنية لجبال ألابالاشيان .

ويحد هذا الحوض البترولى فى الغرب والشمال الغربى بقوس ارتفاع سنسيناتى Cincinatti uplift .

ويشمل التعاقب الطبقى فى هذه المنطقة تتابع كامل من الكامبرى إلى البرمى .

وتوجد معظم حقول البترول فى منطقة ألابالاشيان بتركيبات منعكسة الميل، كما يوجد عدد من البرك الصخرية كان العامل الأساسى فى تجمع البترول بها هو المسامية المحلية لصخر الخزان . وتتراوح الأفق الخازنة بين رمال وأحجار جيرية من تكوين مونوجاهيلا Monogahela formation التابع للبنسلفانى إلى تكوين مدينا Medina من النظام السيلورى، وأشهر حقول بنسلفانيا وعددها ٣٣٠ هو حقل برادفورد Bradford الذى يمتد من بنسلفانيا إلى ولاية نيويورك ، وقد اكتشف فى عام ١٨٧١ وأنتج ٢٣ مليون برميل فى عام ١٨٨١ وإنتاجه الحالى حوالى ٣,٥٠٠,٠٠٠ برميل فى السنة من ٢٥,٠٠٠ بئر منتجة منتشرة فى مساحة ٨٥,٠٠٠ ايكر Acre ويشمل تركيب هذا الحقل منعكس ميل يميل ميلا سهلا غاطسا تجاه الجنوب .

ويأتى الزيت فى هذا الحقل من رمال تكوين شمنج Chemung formation التابع للنظام الديفونى ، وأساسيا من رمال خزان سمكها ٤٠ قدما تسمى رمال براد فورد ، يحيط بها طين صفحى غير منفذ .

(ب) قوس سينسيناتى Cincinatti Arch :

يمتد قوس سينسيناتى ، وهو الحد الغربى لمتقابل الميل الأرضى الابالاشى ، شمالا من ألاباما ومسيسيبى عبر وسط تنيسي Tennessee وكنتاكى ، ثم

يتفرع شمال سينسيناتى ، فيمر فرع من الفرعين خلال الجزء الشمالى من انديانا Indiana .

وتوجد حقول الزيت والغاز بهذه المنطقة فى تموجات هذا القوس التركيبى الكبير .

وأشهر الحقول البترولية فى هذه المنطقة هو حقل ليما–انديانا Lima-Indiana الواقع فى شمال غرب أوهيو Ohio وشرق انديانا . والانتاج السنوى الحالى لهذا الحقل حوالى ١,٥٠٠,٠٠٠ برميل من ١٠٠,٠٠٠ بئر قاربت النفاد .

ويأتى الإنتاج الأساسى من عمق يتراوح بين ٢٥ و ٥٠ قدما من حجر جيرى ترنتونى Trenton limestone من النظام الأوردوفيشى .

(حـ) حوض ميشيجان Michigan Basin :

يتكون حوض ميشيجان من متقابل ميل أرضى ، يتصل فى نشأته بالحركة البريكامبرية التى كونت متقابل ميل أراضى بحيرة سوبيريور Lake Superior Geosyncline

وتشمل الصخور المترسبة فى هذه المنطقة رواسب باليوزويكية متراوحة فى العمر بين طبقات حمراء Red Beds وتكوين بوتسفيل Pottsville من النظام البنسلفانى إلى الطبقات الكندية Candian beds، والاوردوفيشى الأسفل .

وقد نشأت حقول البترول فى تثنيات منعكسة الميل ، طويلة ضيقة عابرة شبه جزيرة ميشيجان الجنوبية فى اتجاهات شمالية غربية — جنوبية شرقية ، وتأثرت المصايد البترولية بتركيبات عدم توافق .

حقل ساجينو Saginau : يعتبر من أشهر الحقول البترولية فى هذه المنطقة وينتج من رمال بريا Berea التابعة للنظام المسيسيبى .

وتوجد حقول غاز عند كلير Clare وبرومفيلد والبا الخ تنتج من خزانات غازية فى حجر جيرى من البنسلفانى العلوى والمتوسط .

(د) شرق حوض الفحم الداخلى East Interior Coal Basin :

تشمل هذه المنطقة كل ولاية الينوى Illinois ، والجزء الجنوبى الغربى من انديانا والركن الشمالى الغربى من كنتاكي ، ويحدها من الشرق والشمال

الشرقى الفرع الأنديانى من قوس سينسيناتى ، ومن الجنوب الغربى مرتفع أوزارك Ozark فى ميسورى . وتشبه الرواسب المتجمعة بهذه المنطقة فى خواصها العامة رواسب حوضى الابالاشيان وميشيجان ، فتوجد صخور الباليوزويك تحت ستار من الرواسب الجليدية واللويس متراوحة فى العمر بين البنسلفانى والأوردوفيشى ، كما تظهر بركن صغير فى جنوب ألينوى صخور كريتاسية وثلاثية .

والظاهرة التركيبية الأساسية فى هذا الحوض هى مجموعة منعكس ميل لاسال La Salle الكبير الممتد إلى نحو ٢٤٠ ميلا من الركن الشمالى الغربى لألينوى ، فى اتجاه جنوب جنوب شرق إلى حدود ولايتى الينوى — انديانا ، كما توجد حقول الغاز والبترول فوق قمم تركيبية محلية .

وأكبر الحقول إنتاجا فى هذه المنطقة هو حقل الينوى الجنوبى الشرقى South- eastern Illinois حيث يوجد عدد من البرك المنتجة .

والأفق المنتجة هى رمال من البنسلفانى إلى المسيسبى السفلى .

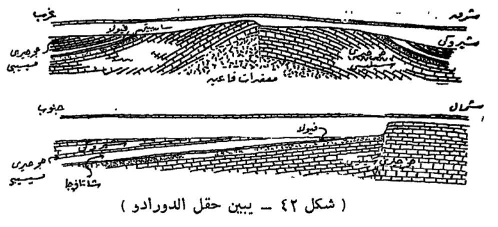
وتوجد معظم الحقول البترولية الموجودة بهذه المنطقة فى تركيبات تثن منعكسة الميل وإن كان بعضها مثل حقل غاز جاكسونفيل Jackson ville يوجد أساسيا فى عدسات رملية .

٢ — وسط القارة The Mid Continent :

(ا) منطقة حوض الفحم الداخلى الغربى Western Interior Coal Basin:

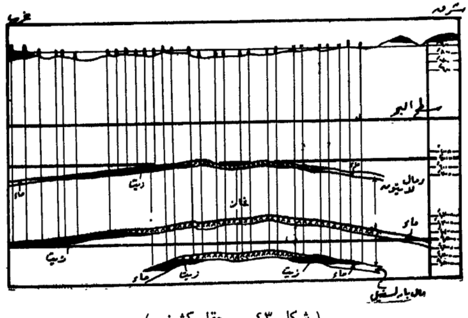
هذه المنطقة من أغنى المناطق البترولية فى الولايات المتحدة ، وتمتد من أوكلاهوما عبر كانساس مع امتدادات إلى اركانساس Arkansas ، وميسورى Missouri ، ونبراسكا Nebraska ، وحقل الدورادو El Dorado الموجود فى كنساس ، هو من أكبر حقول البترول فى الولايات المتحدة ، مستمر فى الإنتاج منذ عام ١٩١٦ فى مساحة تبلغ نحو ٤٠ ميلا مربعا . والتركيب فى هذا الحقل هو تثن منعكس الميل . وتوجد الصخور الخزانية مع ثلاث قباب أوردوفيشية تحت السطح .

هذا وأهم الحقول البترولية فى أوكلاهوما هى : بلاكول Blackwell ، وميرفن Mervin وبوفكا ـ مدينة أوكلاهوما ، وكشنج Cushing ويوجد أهم تجمع بترولى بهذه الحقول فى عدم التوافق الواقع بين حواف طبقات المسيسبى والأردوفيشى الملتوية لأعلى Upturned وانساق البنسلفانى المائلة ، كما يوجد البترول فى أفق أعلى فوق عدم التوافق الرئيسى فى رمال البنسلفانى والبرمى .



(شكل ٤٢ ـ يبين حقل الدورادو)

وحقل كشنج Cushing المكتشف فى عام ١٩١٢ هو من أهم الحقول المنتجة فى الولايات المتحدة ، ويعزى إلى منعكس ميل غير متناسق محوره شمال جنوب . ، ويوجد الزيت والغاز فى رمال بنسلفانية مختلفة .



(شكل ٤٣ ـ حقل كشنج)

(ب) منطقة واشيتا — أماريلو الجبلية : Ouachita Amarillo Mountain Province

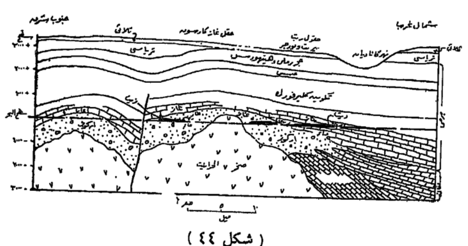
تشمل هذه المنطقة حقول الزيت والغاز فى جنوب أوكلاهوما وشمال تكساس بانهاندل .

والتركيب الأساسى حتى هذه المنطقة هو الارتفاع الهرسينى لجبال أرباكل Arbucle وجبال وشيتا Wichita التى يوجد البترول فى سفوحها .

ويوجد البترول فى ثنيات واضحة انعكاس الميل فى جنوب أوكلاهوما وشمال تكساس . وتختلف عن التركيبات السهلة لشمال اوكلاهوما وكانساس، فينتج البترول من رمال ودولوميت البرمى السفلى، ومن حجر جيرى وفتاتيات البنسلفانى العلوى وكذلك من رمال البنسلفانى السفلى ومن الأحجار الجيرية الأوردوفيشية الواقعة تحت عدم التوافق .

وقد نشأت مجموعة هامة من حقول الزيت والغاز فى الركن الشمالى الغربى لتكساس تعرف بتكساس بانهاندل Texas panhandle ، ويمتد الحزام المنتج لأكثر من ١٠٠ ميل طولا ويتراوح عرضه بين ٥ و ١٠ أميال وهو من أكبر حقول الغاز فى العالم، وينتج أكثر من ١٠٠ مليون قدم مكعب من الغاز فى اليوم الواحد ويرسل فى أنابيب إلى عدد كبير من المدن لأعمال الإضاءة أو الحرارة .

والتركيب فى هذه الحقول هو منعكس ميل طويل نشأ من ترسيب وإحكام رواسب كثيرة فوق صخور جرانيتية ومتحولة مدفونة فى جبال أماريلو Amarillo mountains.



(شكل ٤٤)
قطاع عرضى فى ديوه تكساس بانها تدل المدفونة

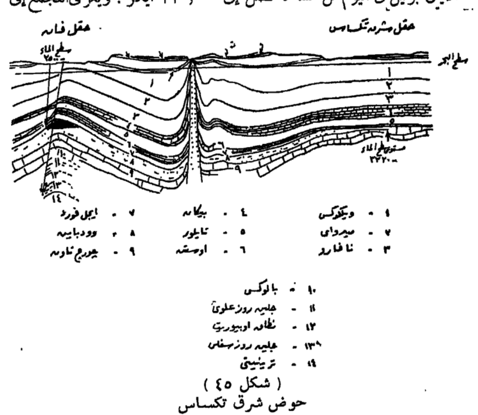
والأفق المنتجة هى : الدولوميت البرمى ، والفتات الجرافيتى البنسلفانى الناشئ من تحت الكتل الجرانيتية المجاورة والواقعة فى أسفل .

٣ — تكساس

ولاية تكساس هى أغنى الولايات الامريكية المتحدة بالبترول ،ومن أوسع المناطق البترولية الغنية فى العالم ، وقد أنتجت فى عام واحد نحو ٧٥٩ مليون برميل من الزيت ، ويقدر مخزونها بحوالى ١١,٨٠٠ مليون برميل منه، وتضم حقولها كل نوع ممكن من أنواع التجمع البترولى .

وأكثر الحقول إنتاجا فى العالم هوحقل شرق تكساس East Texas Field الذى يوجد على الجانب الغربى من مرتفع سابى Sabi وهو تركيب عريضى تحت سطحى شبه قبى قطره حوالى ٨٠ ميلا ويضرب الى شمال غرب — جنوب شرق عبر مناطق شمال شرق تكساس ولويزنا .

وقد اكتشف هذا الحقل فى عام ١٩٣٠ ، وله قدرة إنتاجية تتراوح بين ٢ و ٤ ملايين برميل فى اليوم من مساحة تصل إلى ١١٠,٠٠٠ ايكر . ويعزى التجمع إلى



(شكل ٤٥)
حوض شرق تكساس

اسفان Wedging الرمال الشاطئية وودباين Woodbine Shore line Sandl مقابل التسنم Uplift ، ويوجد طباشير أوستن Austin Chalk فى عدم توافق متخط Unconformable overlap قطاع ايجل فورد — وودباين Eagle-Ford -Woodbine Section إلى وشيتا .

ويتركب الخزان على ذلك من تثن متساوى الميل Homocline ينتج من حوالى ١٠٠ قدم من رمال أيجل فورد — وودباين .

٤ — منطقة القبة الملحية لساحل الخليج
The Gulf Coast Salt Dome Area

تحتوى هذه المنطقة على عدد كبير من تركيبات القباب الملحية ، تصحب الكثير منها تجمعات زيتية ، وتشمل القباب الساحلية لجنوب غرب لويزيانا وجنوب شرق تكساس والقباب الداخلية لشرق تكساس وشمال لويزيانا .

حقل سبيدنلتوب Spindle top

كان حقل سبيدنلتوب هو أول حقول القباب الملحية التى اكتشفت وأعطى أضخم إنتاج بترولى ، فبلغ إنتاجه فى ثلاث سنوات من مساحة ٢٦٠ ايكر ٣٠ مليون برميل .

ويعتبر حقل سبيدنلتوب مثالا لحقول القباب الملحية بساحل الخليج . وتوجد ربوة Mound على السطح مكونة من رمال ليسى وبومونت Lissie and Beaumont sands ، وتتصل الكتلة الملحية إلى ميل فى القطر ١٢٠٠—١٣٠٠ قدم فى العمق. ويأتى الانتاج الأساسى للزيت من الحجر الجيرى الكهفى Cavernous limestone لصخر الغطاء Cap- rock الواقع فوق طبقة الجبس التى تعلو الملح . ولا يغطى هذا الغطاء كل الكتلة الملحية ، ولا يمكن التأكد بالضبط من كيفية نشأته ، فقد يكون حجرا جيريا رسوبيا دفع إلى أعلى بفعل حركة الملح العلوية ، وقد يكون ذا نشأة ثانوية ترسب نتيجة مياه جوفية . Meteoric waters اتصلت بالمياه الملحية التى حول القبة ، وربما يكون ناتجاً تبقى بعد الذوبان الملحى للملح .

ويأتى بعض الانتاج من رمال ليسى وبومونت الواقعة فوق صخر الغطاء ،

ومن رمال الجانب ذات العمر البليوسينى ، أو الميوسينى أو الأوليجوسينى أو الكريتاسية المعاد ترسيبها Re-worked Cretaccous .

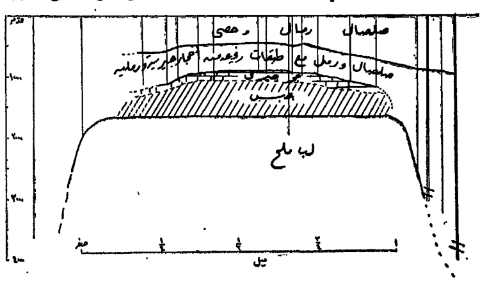
٥ — منطقة جبال الروكى

تتكون منطقة جبال الروكى من متقابل ميل أرضى كان يشغل مساحات شاسعة من مونتانا ، وايونج Wyoming ، ويوتا Utah ، وكولورادو ، واريزونا ونيومكسيكو ، وأرسبت فيه مجموعة سميكة من رواسب الميزوزويك ، رفعت بعد ذلك وتثنت إبان نشأة جبلية حدثت فى نهاية أزمنة الكريتاسى . وقد ترسبت بعد هذا منتجات نحت هذه الصخور المثناة كرواسب ثلاثية فى عدد من الأحواض المميزة كونت هى والصخور المنثنية المحيطة الظواهر التركيبية الغالبة فى وايونج وكولورادو ، كما كونت ثلاثة تسنمات Uplifts فى مونتانا الظواهر التركيبية الغالبة .

وتعتبر منطقة جبال الروكى مثال مأثور Classical لنظرية منعكس الميل لتجمع البترول ، فتوجد الحقول البترولية فى منعكسات ميل صغيرة كثيرة على جوانب الانثناءات الرئيسية .

٦ — كاليفورنيا

ترسب سمك كبير من رواسب الثلاثى فى متقابل ميل أرضى ضيق



(شكل ٤٦)
قطاع عرض بحقل سبيد نلتوب

مجاور للساحل الباسيفيكي ، تكون من عدد من الأحواض الطويلة الممتدة إلى أكثر من ٢٢٥ ميلا بين مقاطعة كولينجا ومقاطعة بوينتي هيل Puente Hills في جنوب كاليفورنيا ، بالمنطقة الواقعة بين جبال سيرا نيفادا والبحر .

وتشمل تشكيلات جنوب كاليفورنيا مجموعتين من الكتل الفالقية الجبلية التي تقسم المنطقة إلى أربعة وديان: المجموعة الأولى من الجبال هي السلاسل الساحلية Coast Ranges التي تتجه شمال غرب — جنوب شرق ، وتمتد جنوبا من سان فرانسسكو ، ويوجد وادي سان يواكين San Jaoquin بينها وبين جبال سيرانيفادا ، وتقطع جزأه الجنوبي النهاية الشمالية للمجموعة الثانية من سلاسل الجبال التي تتجه شرق — غرب ، وتتكون من جبال سان رافائيل San Rafael وسانتا انيز Santa Inez وسانتامونيكا Santa Monica تتخللها من الشمال للجنوب وديان سانتا ماريا Santa Maria وفينتورا Ventura ثم خوض لوس انجيليس في الجانب الجنوبي من سلسلة سانتا مونيكا .

وقد تكونت سلاسل الجبال بالتأثير المشترك لعصرين من النشأة الجبلية وما صاحبها من انثناءات وفوالق ، فالنشأة الأولى هي النشأة النيفادية Nevadian orogeny المتكونة في أواخر الجوري ، والنشأة التالية حدثت في آخر البليستوسين ، وكانت الظاهرة التشكيلية الغالبة هي الجز Shearing الذي نتج من الضغط الشمالي الجنوبي على الباثوليت Batholiths التي تقع تحت الرواسب الكاليفورنية ، والذي سبب تكون بعض من أطوال الفوالق الجازة Shear faults في العالم مثل فالق سان اندرياز San Andreas fault الذي يصل طوله إلى ٦٠٠ ميل .

وتصاحب حقول البترول الغنية في كاليفورنيا الانثناءات المنعكسة الميل ، الشديدة الانحدار ، ويعزى إنتاجها الوافر إلى السمك الكبير للرواسب الذي أدى إلى تكون وتجمع كميات هائلة من الزيت .

ويشمل أفق الخزان الزيتي سمكا كبيرا من رمال غير متماسكة تصل إلى آلاف الأقدام المنتجة ، ويعزى حفظ الزيت في الخزانات الكاليفورنية

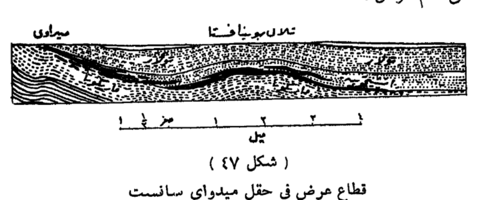
أساسيا إلى السمك الكبير للرواسب التى تعلوها ، أكثر من الفعل الواقى لأية طبقة تلدنية خاصة .

ويعتبر طينا صفحيا مونتيريا Monterey shalcs أوطينا صفحيا ماريكوبيا Maricopa shales المواد المترسبة فى الميوسين والغنية بمحتوياتها العضوية والملاصقة فى معظم الحالات لرمال الخزانات البترولية انما هى طبقات مصدر الزيت .

وتوجد حقول بترولية غنية وعديدة فى الأحواض الأربعة الموجودة فى هذه المنطقة وهى سان يواكين ، وسانتا ماريا وفنتورا ولوس انجيليس وأهمها حقول تلال كولنجا كتلمان Coalinga kettleman Hills ولوست هيلز — بلردج Lost-Hills, Belridge ونهر كرن kern River وماكتريك Mc kittrick وإلك هيلز Elk Hills ، وفنتورا أفينيو Ventura Avenue وأحواض فالق انجلوود Inglewood fault fields وسولت ليك Salt Lake ولوس انجيليس ، وسانتا فى Santa fe الخ الخ .

حقل ميدواى سانست :

يشمل هذا الحقل مجموعة من البرك البترولية الكبيرة المتقاربة أنتجت أكبر كمية من البترول فى الولايات المتحدة بعد حقل شرق تكساس . ويوجد كل نوع من المصايد التركيبية داخل هذه المنطقة الضيقة ، ولكن الظاهرة الغالبة فى تجمع الزيت هنا هى عدم التوافق القوى الواقع بين تكاوين البليوسين والطين الصفحى الميوسينى الذى يوجد تحتها . وكذلك الواقع بين مختلف الطبقات البليوسينية ، وقد ساعد الانثناء المحلى فى تجمع الزيت فى هذه المنطقة علاوة على عدم التوافق .



(شكل ٤٧)

قطاع عرض فى حقل ميدواى سانست

كندا Canada :

يأتى الجزء الأغلب من إنتاج كندا من حقل وادى تيرنر Turner Valley فى سفوح جبال الروكى حوالى ٣٥ ميلا جنوب غرب كالجارى ، البرتا . وتتكون جبال الروكى نفسها من صخور باليوزويكية ، وتتكون السفوح المنثنية المتفلقة من صخور ميزوزويكية تعزى تركيباتها المعتمدة لحركات التثنى الثلاثية .

وتقع طبقات الجورى البحرية مباشرة فوق الصخور الباليوزوية المنحوتة ، فلا توجد أبدا صخور الترياسى والبرمى والبنسلفانى .

وتوجد الآفاق الزيتية بالصورة الآتية :

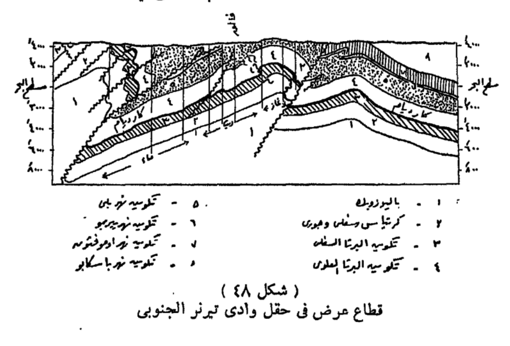
١ — إنتاج بسيط فى جبل موس Moose Mountain من الديفونى .

٢ — النطاق القارى والزيتى الأساسى يوجد على أعماق تتراوح بين ٦٥٠٠ و ٨٥٠٠ قدم فى حجر جيرى روندل Rundle limestone

٣ — توجد تجمعات محلية فى رمال متعددة فى انساق بليرمور من الطباشيرى السفلى .

حقل وادى تيرنر Turner Valley :

يتركب وادى تيرنر من كتلة منفلقة تقع بين فالقين كبيرين ، وتحتوى على وحيد ميل من طبقات باليوزويكية ذات ميل غربى يتراوح بين ٢٠ و ٢٥ درجة .



(شكل ٤٨)
قطاع عرض فى حقل وادى تيرنر الجنوبى

وتظهر الحافة الشرقية للكتلة تثنيا سحبيا Drag folding يسبب تركيبا منثنيا منعكس الميل فى الطبقات السطحية يكون فيه الميل على درجات عالية . وكان يظن أن منعكس الميل السطحى هذا هو الظاهرة التركيبية الأساسية ، ولكن ظهر أن التجمع الزيتى يعزى إلى سد طبقات وحيد الميل المكونة من الحجر الجيرى الباليوزوى بواسطة الانفلاق .

المكسيك :

يأتى الإنتاج البترولى فى المكسيك من ثلاث مناطق أساسية هى :

١ — منطقة تامبيكو — بانوكو Tampico-Panuco Area

٢ — منطقة توكسبان Tuxpan Area

٣ — مضيق تهوانتيبيك Isthmus of Tehuantepec

منطقة تامبيكو — بانوكو :

جيولوجية هذه المنطقة تشمل وحيد ميل كبير يميل شرقا إلى ناحية البحر من جبال سيرا مادريا Sierra Madre الوسطى . وتشغل حقول البترول الامتداد الغاطس جنوبا لمنعكس ميل جبال سيرا تاماوليباس Sierra Tamaulipas الذى يضرب إلى شمال جنوب ويوجد اتجاهان للتثنى : الاتجاه المحورى الأساسى لسيراتاما وليباس الذى ينقسم إلى اتجاه شمال شرق واتجاه شمال — شمال غرب .

والآفاق البترولية المنتجة هى حجر جيرى تاما وليباس ، وحجر جيرى أجوانويفا Agua Nueva وقاعدة حجر جيرى سان فيليب وهى من الطباشيرى الأسفل إلى العلوى .

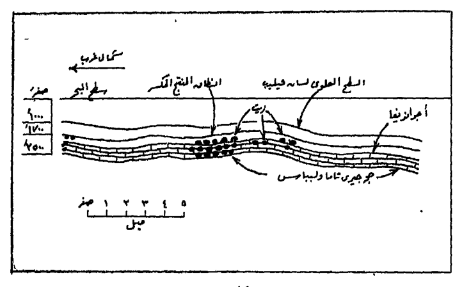
منطقة جولدن لين Golden Lane :

تشمل هذه المنطقة مجموعة الحقول المكسيكية الجنوبية التى تقع فى ربوة ضيقة قوسية منعكسة الميل تمتد إلى مسافة ٥١ ميلا من دوس بوكاس Dos Bocas فى شمال شرق إلى سان ايزيدرو San Isidro فى الجنوب ، وتضم هذه المنطقة حقولا كثيرة تعتبر كأجزاء من منعكس الميل المدفون الضخم ويعزى تجمعها الزيتى إلى قباب محلية منفصلة بعضها عن بعض بتفلقات ومنخفضات تركيبية .

وصخر الخزان فى هذه المنطقة هو السحنة الشعبية الابرا El Abra reef facies لحجر جيرى تاما وليباس من الكريتاسى وهو صخر عالى المسامية وكهفى، عالى الانتاج .

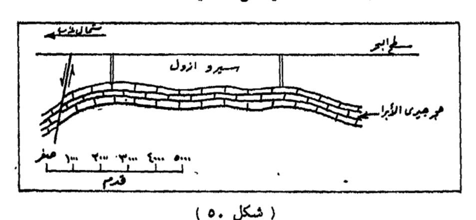
منطقة مضيق تهوانتيبيك :

تختلف حقول هذه المنطقة عن باقى الحقول المكسيكية فى أنها تنتج من رمال العصر الميوسينى ، كما أن التركيبات كلها ذات لباب ملحى ، ويأتى معظم الإنتاج الحالى من انثناءات علوية على جوانب القباب الملحية .



(شكل ٤٩)

قطاع عرضى شمالى غربى جنوب شرقى فى منعكس ميل كوكاليلاو فى المنطقة الشمالية من المكسيك Cocalilao



(شكل ٥٠)

قطاع عرضى شمالى فى غربى جنوب شرقى فى جولدن لين

الباب الخامس

التنقيب الجيولوجي عن البترول

(أولا) طرق السطح Surface methods

١ – العلامات المباشرة Direct indications :

قد توجد أو لا توجد العلامات البترولية Oil signs مثل النضح الزيتى Oil seepages أو المظهر الغازى Gas shows فى المناطق التى تحتوى على بترول بكميات اقتصادية ، وقد توجد المظاهر الزيتية كثيراً كذلك فى الآبار المحفورة ، ويسميها الحفارون : جيوب الزيت Pockets of oil وتسبب كثيراً من الإثارة ولكنها لا تدل كذلك على ضرورة وجود البترول بكميات تجارية ، وبالرغم من أن النضج البترولى أو المظهر الغازى ليسا دليلا فى ذاتهما على وجود البترول أو الغاز بكمية تجارية فى المنطقة التى يظهران بها إلا أنهما تدلان على وجود المواد التى كونت الزيت أو الغاز ، فاذا كانت الظروف التركيبية متوافرة , وكانت الطبقات التى تظهر هذه العلامات المباشرة موجودة تحت هذه التركيبات الأرضية فانه يوجد احتمال كبير فى العثور على حقل زيتى أو حقل غازى .

ومن أحسن الأماكن التى يبحث فيها عن أدلة للنضج الزيتى الطبقات التى توجد فى الأخاديد أو الخنادق أو على الأسطح المعراة المنحدرة للهضاب أو للنجود ، وكذلك فى المناجم القديمة أو آبار المياه .

٢ – تحليل التربة Soil analysis :

تحليل التربة أو الكشف الجيوكيميائى Geochemical prospecting هو طريقة الكشف عن البترول بمحاولة استعمال ما يعرف بالنضح الدقيق Microseep كمرشد عن الرواسب البترولية .

ويعتمد تحليل التربة على نظرية أنه لا يوجد صخر تكون نفاذيته معدومة تماما ، وعلى ذلك فان الأيدروكربونات الخفيفة وخاصة الغازات تشق

طريقها خلال صخور الغطاء Cap rock وما يعلوه من طبقات لغاية السطح حيث تتكون منها الايدروكربونات الصلبة والسائلة ، وهناك يمكن التعرف على وجودها بالطرق الميكروكيميائية .

وتتميز الغازات الناضحة أولا بواسطة الدقيقات الصخرية الموجودة قرب السطح ثم تتشاكل تركيبا Polymerized إلى أيدروكربونات سائلة وصلبة، وبجانب ذلك فانه يعتقد أن الغازات الصاعدة إلى السطح تنقل المياه الجوفية والأملاح المذابة بها ، وهذا مما تنتج عنه زيادة المحتويات الملحية قرب السطح .

وقد استعملت طرق مختلفة لتحليل التربة بحثا عن أدلة وجود النضوح الدقيقة Microseeps ولكن الطريقة العادية هى الحصول على عينات من أعماق مختلفة بواسطة مثقاب التربة Soil auger ثم تختبر هذه العينات لما قد يوجد بها من ميثين ، وأيثين ، وشمع سطحى ، وأيدروكربوناتسائلة ، وتركيزات معدنية Mineral concentrations

ومن الطرق الأخرى المغايرة للطريقة الكيميائية العادية الطريقة المعروفة بالطريقة الجيوديناميكية Geodynamic ، وهى التى تحدد المعدل الزمنى للنضح الايدروكربونى خلال جزء مختار من سطح الأرض ، وهذه ظاهرة ديناميكية أساسيا فى طبيعتها حيث انها تقيس المعدل الحجمى لانسياب الغازات الهاربة من الخزان الأرضى .

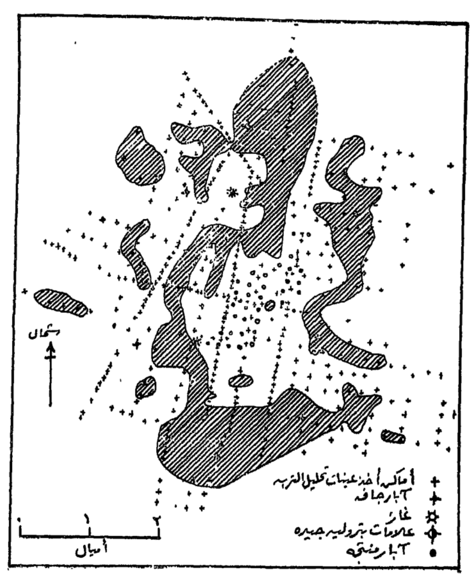
وتوجدطريقةثالثةتعرفبالطريقة الفلوروجرافيةFluorographic method حيث تتعرض العينات للأشعة فوق البنفسجية ثم تقاس شدة الفلوره Fluorescence بفوتومتر Photometer وترسم منالمعلوماتالمتحصلة خطوط تعرفبالخطوط الأيزوفلورية Isofluors مفروض أنها تحدد الحقل البترولى .

وفىطريقة الكشف البيولوجى الدقيق Microbiological prospecting اقترح أنه نظراً لوجود عدة ملايين من البكتريا المؤكسدة للأيدروكربون فى الجرام الواحد من التربة المغموسة فى البترول الخام ، فان هذه البكتريا قد تعطى الدليل على وجود البترول الهارب من الرواسب الطبيعية المدفونة .

ويبدو أن الطرق العادية لتحليل التربة تظهر تركيزا معدنيا فى التربة الموجودة فوق بعض الحقول البترولية وخاصة الحقول المنتجة من رواسب

عصور الحقب الثلاثى ، وأن أكثر رشح يقع حول حواشى التجمع الزيتى ، وعلى ذلك أمكن رسم خريطة تحليل التربة Soil analysis map حيث تحدد المناطق التى بها أكثر التركيزات الملحية جوانب البركة البترولية .

والتفسير المعقول للتسرب الكبير للغازات من حول حواشى البركة البترولية هو أن الزيت يسد صخر الغطاء Cap rock الموجود مباشرة فوق البركة ، فيصبح التسرب ممكنا فقط من الجوانب .



(شكل ٥١)
خريطة تحليل التربة

ان اكتشاف بعض الحقول البترولية يعزى إلى تطبيق الجيوكيميائية غير أنها باءت بالفشل فى الكشف عن عدد من الحقول ؛ وأهم نجاح حققته طريقة تحليل التربة هو تحديد وتعيين مدى اتساع البركة البترولية الحديثة الاكتشاف .

ويمكن أن تستعمل هذه الطريقة الجيوكيميائية للكشف الاستطلاعى الاقليمى عن البترول Regional reconnaissance فى مساحات كبيرة ثم يتأكد من النتائج فى بعض المناطق التى تبدو ذات احتمال بترولى عن طريق سايزموجراف الانعكاس Reflection seismograph قبل البدء فى عمليات الحفر بتلك المناطق .

وتمتاز الطريقة الجيوكيميائية لكشف البترول عن كل طرق الكشف الأخرى على الأقل من الناحية النظرية ، فى أنها تحدد وجود التجمع البترولى المدفون ، بينما تهدف كل الطرق الأخرى إلى تعيين أماكن وجود المصايد Traps التى قد تصلح أماكن لاختزان البترول .

وعندما توجد الوسائل للتغلب على بعض الصعوبات فى تطبيق هذه الطريقة وتصبح بذلك عملية للكشف عن البترول ، فان أكبر نجاح يتوقع لها سيكون فى الكشف عن التجمعات البترولية التى توجد فى صخور عصور الحقب الثلاثى غير المتماسكة ، إذ أنه يصعب أن تتسرب الغازات من صخور الأزمنة القديمة الأكثر تماسكا .

٣ — الطرق الحقلية الجيولوجية Geological field methods :

تتركز الطرق الحقلية الجيولوجية للبحث عن البترول فى الوصول إلى الهدف الرئيسى وهوتعيين أماكن وجود مصايد الخزان البترولى Petroleum reservoir trap وعلاقاته الطبقية والتركيبية المختلفة عن طريق المسح الجيولوجى ، وهذه المصايد سبق الكلام عنها تحت القسم الخاص بتجمع البترول .

وتتوقف الطرق المتبعة فى المسح الجيولوجى على طبيعة ونوع المسح المطلوب وهل هو مجرد كشف استطلاعى Reconnaissance أو مسح تفصيلى ،

كما تتوقف على طبوغرافية Topography وتركيب Structure المنطقة الممسوحة .

(ا) مساحة الكشف الاستطلاعى Reconnaissance surveying :

إن الغرض من هذا الكشف المساحى هو تعيين الاحتمالات البترولية لمنطقة واسعة فى فترة محدودة من الوقت . وأهم ما يلزم فى هذه المساحة هو خريطة أساس Base map يمكن أن توضع عليها الملاحظات الحقلية ، فاذا لم تتوافر خرائط ذات مقياس مناسب استعيض عنها بصور جوية Air photographs وإلا فعلى الجيولوجى أن يعد خريطته بنفسه بطريقة التثليث Triangulation ، والنضد المستوى Plane table وبالقياس والبوصلة Pace and compass أو بطرق أخرى .

والهدف الرئيسى من المساحة الاستطلاعية هو التأكد من وجود أو غياب التركيبات والطبقات المناسبة لتجمع البترول .

والأجهزة اللازمة للمساحة الاستطلاعية هى الميزان اليدوى Hand level التليسكوبى ، وبوصلة برانتون Brunton compass ومتر للقياس ونوتة ملاحظات وأدوات رسم وقياس ومنظار حقلى واليداد تليسكوبى Telescopic alidade ونضد مستوى صغير

وتشمل الملاحظات التى يبحث عنها فى الحقل ثم تبين على الخريطة وتدون فى نوتة الملاحظات — الأمور الآتية :

١ — بيئية واقتصادية :

(ا) سهولة الوصول لأجزاء المنطقة المختلفة .

(ب) وجود وسائل المواصلات وإمكانياتها .

(ج) التموين المحلى وحالة العمال .

(د) مكان أقرب إنتاج زيتى أو غازى .

٢ — جيولوجيا سطحية :

(ا) دلائل مباشرة أو غير مباشرة على وجود الغاز أو الزيت .

(ب) توزيع الصخور الرسوبية والنارية والمتحولة وعمر النشاط النارى والمتحول .

٣ — طبقية :

(ا) سمك الطبقات الرسوبية .

(ب) وجود صخور مصدر Source rocks محتملة فى القطاع وعمرها .

(ج) وجود صخور خزانية محتملة فى القطاع وعمرها .

(د) وجود صخور غطائية Cap rocks محتملة فى القطاع .

(ه) التغير الجانبي فى السحن وخاصة فى النفاذية .

(و) وجود صخور قابلة للذوبان فى القطاع .

٤ — تركيبية :

(ا) حجم وموضع الاحواض Basins وغيرها من الظواهر التركيبية .

(ب) وجود طيات منعكسة الميل Anticlines .

(ج) الأعماق للصخور الخزانية المحتملة .

(د) وجود الفوالق وطبيعتها .

ويحتوى التقرير الناتج الذى يجب أن يوضح بالرسومات على كل البيانات الجيولوجية والاقتصادية التى أمكن الحصول عليها ، كما يحتوى على تقسيم للإمكانيات البترولية فى أجزاء المنطقة المختلفة والتوصيات عن أى المناطق تستحق دراسات تفصيلية بعد ذلك .

(ب) المساحة التفصيلية :

الغرض من عمل مساحة تفصيلية هو تعيين المدى المساحى لأية مغايرة Anomaly تركيبية سطحية وقدرها الرأسى والأعماق المحتملة للصخور الخزانية الكامنة . ويجب على الجيولوجى أن يقوم بعمل خريطة جيولوجية للمساحة Areal geologic map وخريطة تركيبية Structure map كما يجب عليه تعيين الأماكن والارتفاعات بدقة بواسطة النضد المستوى Plane teble والاليداد والقائم المدرج ، غير أنه قبل بدء المساحة التفصيلية للمنطقة يجب على البعثة الجيولوجية تجهيز ومعرفة قطاع طبقى Stratigraphic section تفصيلى يشمل كل الصخور الموجودة فوق سطح المنطقة . ويضم تقرير البعثة

التفصيلية القطاع الطبق والخرائط الجيولوجية والتركيبية والقطاع الجيولوجى . ويجب أن تكون الفروع الأخرى لقسم الاكتشاف Exploration department كالمساحة الجيوفيزيائية والكشف تحت السطحى عاملة فى الوقت نفسه على إعداد تقريرها بحيث يمكن للرؤساء الإداريين فى قسم الاكتشاف أن يقرروا ما إذا كان هناك داع للاستمرار فى الأعمال التنقيبية وأى القطع الأرضية هى التى يمكن طلب إيجارها وأين يبدأ بحفر البئر التجريبية الأولى ؟

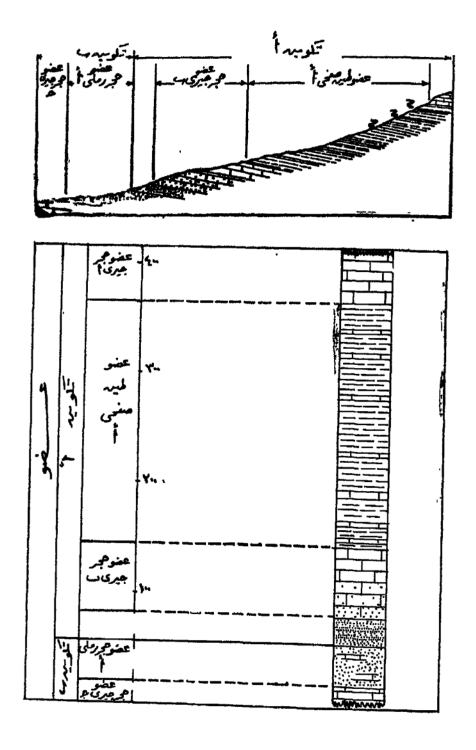
١ — القطاعات الطبقية العرضية Stratigraphic cross sections :

تختلف القطاعات الطبقية العرضية عن القطاعات الجيولوجية العرضية العادية Geologic cross sections فى أنها لا تعمل على بيان الجانبية الطبوغرافية Topographic Profile . كما أنه يبالغ كثيراً فى القياس العمودى Vertical scale لكى توضح التفاصيل الطبقية .

وترسم القطاعات الطبقية العرضية بترتيب مجموعة من القطاعات العمودية Columnar sections جنبا إلى جنب فى تعاقب جغرافى طبيعى ، وترسم المسافة الفعلية من موقع لآخر على أن تكون منتظمة بين القطاعات أو تبين على الرسم على أساس المسافات الحقلية بين القطاعات وبعضها بعضا .

فاذا كان بيان العلاقات التركيبية هاما فى الدراسة المقصودة تعين الأوضاع الرأسية للأعمدة تبعا لارتفاعها فى الحقل ، ولكن الأغلب أن ترتب الأعمدة بالنسبة لأفق طبق Stratigraphic horizon معين يختار كمنسوب للمقارنة Datum .

وتبين القطاعات العمودية المرسومة فى القطاع العرضى الطبق الطبقات والأنطاق المختلفة الموجودة فى كل قطاع عمودى ويمكن بذلك إيجاد الترابطات الصخرية والفونية Correlations برسم خطوط تصل الأفق الحقيقية من عمود لآخر . ويوضح الشكل التالى قطاعاً جيولوجيا عرضياً لمنطقة وقطاع طبق عمودى لنفس المنطقة ، بينما يبين الشكل الذى يليه الترابط بين الأفق فى أحد القطاعات الطبقية العرضية . :



(شكل ٥٢)

يبين مثالا لقطاع جيولوجي عرضي من أعلا مع تمثيل بياناته كقطاع عمودي

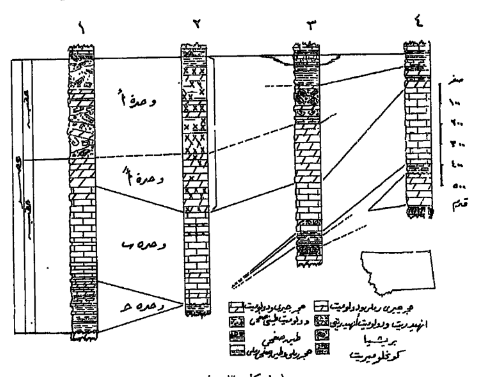
(عن كرومباين وسلوس)

تكوّن القطاعات الطبقية المقيسة بدقة والموصوفة بصحة أساس كل الدراسات الطبقية السطحية ، فيمكن منها استخلاص النتائج اللازمة للترابط وكذلك المعلومات الضرورية عن سمك الطبقات وتغيراتها الصخرية والأوضاع الفونية والعلاقات الطبقية بين الوحدات الصخرية Rock units .

اختيار القطاعات لقياسها :

تعتمد قيمة النتائج التي يحصل عليها من دراسة القطاعات الطبقية على الاختيار الصحيح لأماكن القطاعات، ويكون اختيار هذه المواضع محدودا في بعض الأماكن نظراً لصعوبة وجود إظهارات Exposures كما يتوقف الاختيار في الأماكن التي تكثر فيها الإظهارات على أساس المسافة بين القطاعات ومقدار العمود الطبقي الموجود ومقدار الإظهار أو التغطي والبساطة التركيبية وسهولة الوصول إلى الإظهارات .

ومن الضروري ، للتحليل الطبقي لأي منطقة تغطية أكبر جزء منها في الوقت المخصص للدراسة الحقلية ، وذلك لأن الدراسات الطبقية تشمل عادة .



(شكل ٥٣)

يبين قطاعا طبقيا عرضيا والترابط بين أجزائه (عن كرومباين وسلوس)

إما كل العمود الطبقى للمنطقة ، أو بعض الوحدات الصخرية أو الصخرية الزمنية Time rock units الموجودة بها .

فاذا كان المطلوب هو دراسة كل العمود الطبقى فى المنطقة وجب اختيار القطاعات بحيث يمكن قياس ودراسة أكبر جزء ممكن من العمود الجيولوجى ، ويجب أن تبدأ هذه القطاعات وتنتهى بآفاق يمكن ترابطها مع قطاعات مجاورة وبهذه الكيفية تجمع بعضها مع بعض أجزاء العمود .

وصف القطاعات المقيسة :

تقتضى الدراسة التفصيلية للقطاعات الطبقية وصفا كاملا لها حتى يمكن استخلاص أكبر قدر من المعلومات الطبقية عن أية مجموعة مكشوفة من الطبقات المتعاقبة ، ولذلك يجب أن تشمل الملاحظات التى تؤخذ عن القطاعات المقيسة سمك الوحدات الطبقية وعلاقاتها الطبقية ، وصخريتها Lithology ، وطبقيتها Stratification ، وتركيبها الداخلى ، وحفرياتها ، وكيفية تعريتها .

وتكون التقسيمات التى تقسم لها وحدات القطاع أساسا للوصف التفصيلى لهذا القطاع وخاصة عند الإشارة إلى أجزاء محدودة من القطاع ، كما تعتبر الوحدات الطبقية أعضاء Members ، ويعطى الرقم (١) للوحدة الأولى فى القطاع ، وهى التى تظهر عند قياسه ، ويطلق هذا الرقم مع اسم القطاع على كل البيانات والأوصاف والمواد المتعلقة بهذه الوحدة .

ويجب أن تفحص فحصا جيدا العلاقات الطبقية لكل الوحدات الصخرية كالأعضاء والتكاوين عنـــد نقطة قياس القطاع ويبين ما إذا كانت انتقالية Transitional أو قاطعة Sharp أو متباينة Disconformable أو غير متوافقة Unconformable

وتوصف صخرية كل وحدة بالنسبة للنوع الصخرى الغالب فيها كالحجر الرملى أو الحجر الجيرى أو الصلصال الخ ، وكذلك بالنسبة للنسيج كالخشن Coarse أو المتوسط ، أو الدقيق الحبيبات ، وكذلك بالنسبة للتصنيف Sorting وشكل ودائرية الحبيبات ، ولون السطح الجديد ، ومعدنية الدقيقات الفتاتية والمادة اللاصقة Cement إذا وجدت .

ويجب أن يشمل وصف القطاعات كذلك وصفا مناسباً للوحدات الحفرية

Fossiliferous units عند وجودها ، وقائمة بالعناصر الفونية الموجودة ، ونسبة الحفريات التى تتبع كل جنس أو نوع من الفونا الموجودة فى وحدات القطاع لدراستها المعملية ، إذ أن تعيين الصلات الزمنية — الصخرية Time-rock af finities للوحدات الصخرية الموجودة فى القطاع المقيس يعتمد على الحفريات ويجب أن يعمل كل جهد لتحديد النطاقات الحيوطبقية Biostratigraphi Zones فى العمود الطبقى الذى يدرس .

ويعبر عن البيانات الطبقية التى أمكن الحصول عليها بعد قياس القطاعات ووصفها بقطاع بيانى يسمى القطاع العمودى Columnar section

وتبين القطاعات العمودية تعاقب وسمك الوحدات الطبقية والعلاقات بينها ، كما توضح تكوينها الصخرى برموز مصطلح عليها .

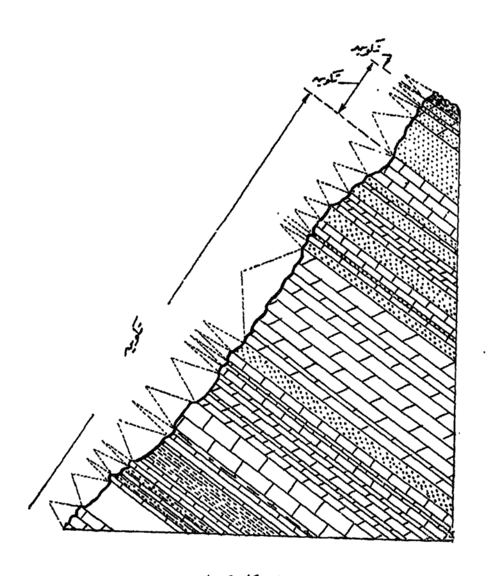
ويبين مدى النطاقات الحفرية Paleontologic zones كذلك على جانب القطاع ويعرف كل نطاق بحفرياته المميزة . ويمكن أن يعبر القطاع العمودى بذلك — إذا أحسن تنظيمه — عن كل البيانات الصخرية والحيوية التى يحصل عليها من قياس وتحليل قطاع طبقى .

ويراعى عند وصف طبقية قطاع ما أن يوضح نوعين من الوحدات الطبقية أولهما وأهمها : الوحدات الصخرية النظامية مثل التكاوين Formations والأعضاء Members التى يمكن التعرف عليها فى كل أجزاء المنطقة ، ويقسم كل تكوين أو عضو بعد ذلك فى مكان القطاع تبعا للصخرية : التطبق Bedding ، والتعرض Exposure ، وتأثيرات التجوية أو غيرها من المظاهر الأخرى التى تحت وحدات Subunits مناسبة حتى يمكن تسجيل الاختلافات فى الصفات داخل التكاوين والأعضاء . وتعتبر تحت الوحدات Subunits طبقـــات Beds فردية أو مجموعة من الطبقات تتميز عن تلك التى توجد فوقها أو تحتها بوحدة اللون ، أو النسيج ، أو المظهر الشامل .

٢ — القطاعات الجيولوجية العرضية Geologic cross sections:

ترسم القطاعات الجيولوجية تحت البروفيلات الطبوغرافية Topographic profiles كطريقة سهلة لبيان علاقات الطبقات بعضها ببعض وكذلك علاقات

الترتيب الطبقى للتركيب والشكل الظاهرى للأرض . وتظهر القطاعات الجيولوجية العرضية وضع الوحدات الطبقية المختلفة عبر سلسلة من الجبال أو حوض ترسيبي ولكنها لا تظهر تفاصيل طبقية أو صخرية كثيرة دون مبالغة رأسية كبيرة فى ا لمقياس Scale وما يتبع ذلك من تحريف للتضاريس والتركيب .



(شكل ٥٤)

يبين تمييز قطاع مطل الى تحت وحدات طبقية (عن كرومباين وسلوس)

٣ — خرائط كونتور التركيب Structure contour maps :

تعتبر كونتورات التركيب Structure contours أثمن طريقة للتعبير عن التركيب الجيولوجى على خريطة ، وعمل خريطة كونتور التركيب هو الهدف الرئيسى الجيولوجى البترول .

وخريطة كونتور التركيب أو خريطة كونتور الطبقة Stratum contour هى أساسيا كونتورية المسقط الأفقى Contoured plane لسطح طبقة مختارة ، تكون عادة قرب الأفق الزيتى .

وتختار الكونتورات بالإشارة إلى منسوب أساسى Datum plane تحت السطح (مثل ١٠,٠٠٠ قدم) أو بالاشارة إلى سطح البحر .

وتظهر خريطة كونتور التركيب لأول وهلة طبيعة التركيب ، ومعدل الميل ، ووضع محاور التثنى Folding ، فهى على ذلك أساسية لتخطيط أى مشروع استغلالى .

وترسم خريطة كونتور التركيب بالكيفية الآتية :

يختار الجيولوجى أثناء المسح الجيولوجى طبقة مميزة Marker bed تكون ظاهرة على السطح، ويمكنه قياس موضعها وارتفاعها بواسطة الاليداد، ويبين موضعهـا على خريطة النضد المستوى Plane table map وعليه أن يضع على الخريطة الارتفاعات عن سطح البحر لبضع نقط على سطح الطبقة المميزة ، ثم يصل بين النقط ذات الارتفاع الواحد فتنتج خريطة كونتورية لسطح الطبقة المميزة ، وإذا عرفت نتيجة الفاصل الرأسى بين الطبقة المميزة ، السطحية وطبقة الخزان البترولية فمن الواضح أنه بطرح هذا الفرق من ارتفاعات الطبقة المميزة فوق سطح البحر فان الخريطة الكونتورية التى رسمت تكون خريطة كونتورية لطبقة الزيت الموجودة تحت السطح .

ويمكن تقدير الفاصل الرأسى بحفر الآبار Well borings .

٤ — الترابط الطبقى Stratigraphic correlation :

عمليات الترابط من العناصر الأساسية فى كل الأبحاث والدراسات الطبقية ، وتعمل على إظهار تساوى Equivalency الوحدات الطبقية سواء

أكانت وحدات صخرية Rock units أم وحدات حيو طبقية Biostratigraphic units أم وحدات زمنية صخرية Time-rock units .

(ا) ترابط الوحدات الصخرية Correlation of rock units :

الوحدات الصخرية هى أقسام صخرية مفصولة على أساس خصائص ظاهرية مميزة ، وهى ليست كالوحدات الزمنية الصخرية محددة على أساس الزمن الجيولوجى .

وتعين حدود الوحدات الصخرية بالتعرف على أوضح المعايير الظاهرية ، كعدم التوافق أو التغير فى الصخرية أو الوضع Attitude التى يمكن على أساسها فصل الوحدة الصخرية طبيعيا عن الطبقات التى فوقها أو التى تحتها ، فوجود مائة قدم من الحجر الرملى بين طبقة من الطين الصفحى من أعلى وطبقة من الحجر الجيرى من أسفل هو معيار ظاهرى لوحدة صخرية .

ولقد أصبح من الضرورى فى الدراسات التركيبية والمساحة الجيولوجية والجيولوجيا الاقتصادية تميز وتعريف الوحدات الصخرية الهامة حتى توحد الأسس التى يعمل بها فى إقامة واستعمال الوحدات الصخرية . وفيما يلى بيان الوحدات الصخرية المقررة :

التكوين Formation :

التكوين هو الوحدة الأساسية فى التقسيم المحلى للصخور ، وهو كباقى أنواع الوحدات الصخرية وحدة نشئية Genetic unit تحددها معايير ظاهرية تلاحظ فى العمود الطبقى المحلى ، ويجب أن تحد التكاوين بحدود يمكن تتبعها فى الحقل وتمثيلها على الخرائط الجيولوجية ، وأن تميز بقدر الإمكان على أساس الوحدة الصخرية Lithologic unity كغالبية من الطين الصفحى أو غالبية من الحجر الجيرى ، كما قد تميز التكوين أحيانا لاحتوائه على أنواع صخرية كثيرة ، فهذا التنوع فى ذاته يميز التكوين عن الوحدات المتجانسة التى تعلوها أو توجد تحتها .

ولما كان التكوين وحدة تكوينية تمثل استجابة لبيئة أو مجموعة من البيئات المتقاربة التى لابد أن تكون محدودة جغرافيا وزمنيا ، فانه يجب أن تكون هناك حدود للمدى الجغرافى للتكوين .

وتسمى التكاوين باسمين Binominal اسم جغرافى يتبعه تعبير وصفى صخرى ، كالحجر الرملى النوبى Nubia sandstone ، أو طين صفحى إسنا Esna shales مثلا

ويجب عند وصف تكوين جديد أن تختار منطقة معينة يكون فيها التكوين نموذجيا وأن توصف منطقة القطاع النموذجى Type section وصفا كاملا وأن يقرن بوصف التكوين الجديد وصف طبقى مفصل للقطاع النموذجى وللقطاعات الأخرى فى تلك المنطقة التى تساعد على تفاصيل الوصف الطبقى ، كما يجب أن يشمل وصف التكوين مناقشة مداه المساحى ، وعلاقة التكوين بالوحدات الأخرى التى فوقه أو تحته .

المجموعة Group :

تجمع التكاوين المتعاقبة ذات الصلات الصخرية أو الوضع بالنسبة لعدم التوافق فى مجاميع .

العضو Member :

قد يقسم التكوين لأغراض توضيح المسح الجيولوجى أو التركيب ، أو لأغراض اقتصادية إلى وحدات أصغر يسمى كل منها عضواً إذا كان لها امتداد جغرافى مهم ، فاذا كانت ذات اتساع محلى سميت عدسة Lentil أو لسان Tongue إذا أسقنت Wedge out فى اتجاه واحد بين رواسب ذات طبقية مغايرة ، وتسمك فى اتجاه آخر لتصبح جزءا من جسم رسوبى كبير .

وتوجد طرق ووسائل متعددة تطبق فى الترابط الصخرى ويعتمد اختيار الطريقة على طبيعة العملية المعنية ، كما يتأثر الاختيار بخصائص وانتشار المطلات Outcrops أو بيانات تحت السطح وسمك وصخرية الوحدات الصخرية ، وفيما يلى أهم طرق الترابط الصخرى :

١ — تتبع الاستمرار الجانبى Tracing lateral continunty :

تعتبر هذه الطريقة هى أسهل طرق الترابط الصخرى ، وتشمل تتبع الوحدة مشيا ، حيث تكون هذه الوحدة مميزة صخريا ، وتكون مطلاتها ظاهرة فوق مساحات كثيرة غير مخبأة بالنباتات أو بركام صخرى .

ويمكن تطبيق هذه الطريقة بكيفية محورة فى دراسات تحت السطح وذلك

فى المناطق التى توجد بها آبار متقاربة حيث يمكن تتبع الوحدات الصخرية من بئر لأخرى فى شبكة متسعة تصل إلى مئات الأميال المربعة ، وذلك حينما يكون معدل التغير السحنى قليلا .

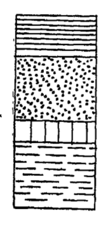
٢ — الخاصية الصخرية Lithologic identity :

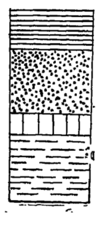
تحتوى بعض الوحدات الصخرية على خصائص يمكن استعمالها كعلامات مميزة تسمح بعمل ترابط بين آبار أو أمارات Exposures متباعدة حتى عبر مناطق تكون فيها الوحدة الصخرية غير موجودة أو مختفية . ومن أهم الخصائص الصخرية المفيدة فى الترابط اللون وصفات التعرية والتطابق Bedding السمك والتكوين المعدنى العام ، وبعض التركيبات الأولية ، مثل الترفق المتقاطع Cross lamination أو علامات التغضن Ripple marks أو غيرها .

وقد تنفع بعض التفاصيل الصخرية فى إظهار الترابط بين الوحدات الصخرية عند غياب الظواهر الكبيرة الواضحة المعالم ، ومن تلك بعض أنواع المعادن الثانوية الواضحة التى تظهر عند دراسات المعادن الثقيلة Heavy minerals أو بعض الوحدات الصخرية المكونة من قطع حفرية كبيرة .

٣ — الوضع فى التعاقب الطبقى Position in stratigraphic sequence :

لكل وحدة صخرية وضع طبقى معين بين الوحدات التى فوقها أو التى تحتها ، ويساعد هذا الوضع المحدد للوحدات الصخرية على ترابط تعاقبات التكاوين فى الأماكن المتباعدة بعضها ببعض إذا ما وجد نفس التعاقب الطبقى فى مكانين مختلفين ، كما يظهر من الشكل التالى :





(شكل ٥٥)

٤ — العلاقات التركيبية Structural relationships :

للوحدات الصخرية وضع محدد بالنسبة لبعض الظواهر ، كعدم التوافق أو الانثناءات ، أو الفوالق ، أو النشاط النارى وتأثيرات التحول .

وقد يكون لعلاقة الوحدات الفردية بالنسبة لهذه الظواهر قيمة ملحوظة فى إيجاد الترابط بين أجزاء الوحدة الصخرية فى منطقة محدودة ، غير أن هذه الظواهر لا تصلح أن تكون ذات قيمة للترابط فى مساحات كبيرة أو خارج نطاق حوض الترسيب .

وتواجه الترابط الصخرى مشاكل متعددة منها التغير الجانبى للسحنة الصخرية للوحدة .

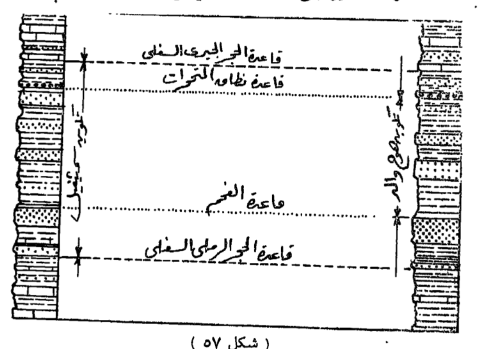
وتزداد الصعوبات التى تواجه الترابط الصخرى بتعدد الأسماء المحلية التى قد تطلق أحياناً على الوحدة الصخرية الواحدة الموجودة فى أماكن أو بلاد مختلفة .

(شكل ٥٦)
يبين قطاعا عرضيا لجزء من الطباشيرى العلوى ومشكلة الترابط الصخرى بين أجزاء القطاع المتباعدة بسبب التغير الجانبى للسحن الصخرية بين الجزء الايمن والجزء الايسر من حوض الترسيب — عن كرومباين وسلوس

(ب) ترابط الوحدات الحيوطبقية Correlation of biostratigraphic units :

قبل أن نذكر الطرق المتبعة لترابط الوحدات الحيوطبقية يجدر بنا أن نعرف بدقة الوحدات الحيوطبقية والعلاقة بينها وبين الوحدات الصخرية ، فالوحدات الحيوطبقية هى مجموعات من الطبقات تتميز بما تحويه من حشود حفرية Fossil assemblages والوحدة الحيوطبقية الأساسية هى النطاق Zone وتسمى نطاق فونى Fauni zone إذا كانت مميزة بحفريات حيوانية ونطاق فلورى Flori zone إذا كانت مميزة بحفريات نباتية .

وتحدد النطاقات الحيوطبقية Biostratigraphic zones باسم الحفرية النباتية أو الحيوانية المميزة . ولكن هذا لا يعنى أن تنطبق حدود النطاق على كل المدى الرأسى للحفرية المميزة ، وللنطاقات الحيوطبقية مثلها مثل الوحدات الصخرية ، امتداد مساحى محدد ، فلا يمكن عامة ترابطها خارج حدود حوض أو منطقة ترسيبية واحدة ، ولذلك أصبح من الضرورى أن يكون لكل منطقة عمودها الحيوطبقى Biostratigraphic column الخاص بها الذى



(شكل ٥٧)
يبين قطاعين عموديين يحتويان على نفس التعاقب الطبقى رسمهما جيولوجيان مختلفان من مكانين متقاربين فأعطيا نفس الوحدات الصخرية مسميات مختلفة — عن كرومباين وسلوس

قد يختلف فى تتابع وصفات النطاقات عن الأعمدة الممثلة للمناطق المجاورة.

ولايشترط أن تكون للنطاقات الحيوطبقية علاقة بالوحدات الطبقية، وإن كان تطابق الوحدات الحيوطبقية والوحدات الصخرية كبير الاحتمال فى القطاعات الطبقية التى يتخللها الكثير من عدم التوافق ، أو عند تغير صخرية الوحدات الصخرية ، إذ أن العوامل البيئية التى تؤثر فى تكوين السحنة الصخرية تؤثر فى الوقت نفسه فى السحن الحيوية وتنطبق فى هذه الحالات حدود الوحدات الحيوطبقية بحدود الوحدات الصخرية .

(أ) الحفريات المرشدة للنطاقات Zonal guide fossils :

يتميز كثير من النطاقات الحيوطبقية فى الحقل، ويمكن ترابطها من مكان لآخر على أساس ما تحويه من أنواع الحفريات أوحشود هذه الأنواع ، وتسمى الحفريات ذات المدى الرأسى Vertical range المحدود التعاقب المحلى بحفريات النطاقات المرشدة ، ولهذه الطريقة تطبيقات واسعة فى دراسات طبقية السطح حيث تكون الحفريات الكبيرة كثيرة وذات قيمة .

(ب) الوضع فى التتابع الحيوطبقى Position in biostratigraphic sequence :

يبين العمود الحيوطبقى الأوضاع النسبية للنطاقات الحيوطبقية المختلفة الموجودة فى منطقة ذات طبقات حفرية ،ويستعمل هذا التتابع كوسيلة للترابط مثلما تستعمل النطاقات الصخرية فى العمود الصخرى ، ويجب قبل بناء العمود الحيوطبقى وتقسيمه إلى نطاقات مناسبة أن تعمل خريطة مدى Range chart للحفريات الموجودة فى القطاع المدروس، فتحدد هذه الخريطة المدى الرأسى أو Teil zone لكل نوع من أنواع وأجناس الحفريات الهامة الموجودة فى القطاع الذى يعبر عن التتابع المحلى للطبقات التى يوجد فيها نوع أو جنس معين .

(ج) ترابط الوحدات الزمنية الصخرية Correlation of time-rock units :

الوحدات الزمنية الصخرية هى الطبقات التى تترسب خلال أجزاء محددة من الزمن الجيولوجى وهى غير الوحدات الزمنية Time units التى لا تعتبر أجساما مادية من الطبقات ، فكل الوحدات الزمنية كانت موجودة بنفس الكيفية ومتساوية فى جميع الأماكن على الأرض ، وإن كان عدم الترسيب أو النحت قد ينشأ عنهما أن تمثل بعض الوحدات الزمنية فى بعض الأماكن ، وألا تكون ممثلة فى أماكن أخرى .

وتشمل الوحدات الزمنية الحقب Era والعصر Period والحين Epoch والحقبة Age ، كما تشمل الوحدات الزمنية الصخرية النظام System وهو الرواسب التى ترسبت خلال الوحدة الزمنية المسماة بالعصر ، والنسق Series وهى الطبقات المترسبة خلال الوحدة الزمنية المسماة بالحين والنمط Stage وتشمل الرواسب المتجمعة خلال الحقبة .

وحدات زمنية		وحدات زمنية صخرية	
حقب	Era	لايوجد	
عصر	Period	نظام	System
حين	Epoch	نسق	Series
حقبة أو زمن	Age	نمط	Stage

تحدد الوحدات الزمنية الصخرية مستويات أو أسطح غير مرئية للوقت المتزامن Synchronous time على عكس الوحدات الصخرية أوالوحدات الحيوطبقية التى تعينها معايير تشاهد فى الصخور .

علاقة الوحدات الزمنية الصخرية بالوحدات الصخرية :

لا توجد علاقة حتمية بن الوحدات الصخرية وأقسام العمود الطبقى الزمنية الصخرية ، غير أنه لوحظ عامة انطباق حدود الوحدات الزمنية

الصخرية مع حدود الأقسام الصخرية فى المنـاطق التى يتخللها الكـثير من عدم التوافق ، على عكس المناطق التى سادها الترسيب المستمر مدداً طويلة ، فإنها تتميز بحدود زمنية صخرية تقطع ذلك التعاقب الطبقى المستمر دون اعتبار لحدود الوحدات الصخرية .

علاقة الوحدات الزمنية الصخرية بالوحدات الحيوطبقية :

يعتقد بعض إخصائيى الجيولوجيا الطبقية أن الوحدات الحيوطبقية ، مثلها مثل الوحدات الصخرية ، لا تربطها صلة لازمة بالوحدات الزمنية الصخرية على أساس أن النوع أو الحشد الحفرى الذى يعين بداية نظام System أو نسق لا يشترط بدء ظهوره فى وقت واحد فى جميع مناطق العالم ، إذ أن الوقت اللازم للهجرة واحتمالات عوائق الهجرة والاعتبارات البيئية المختلفة لاشك تمنع أو تؤخر وصول الأنواع أو الحشود الحفرية إلى الأماكن التى سوف تترسب فيها .

وحدات زمنية صخرية	وحدات صخرية أو وحدات حيوطبقية تجاوزية Transgressive (ا) (ب)
لانديني Landinian	
داني Danian	
مايسترختي Maestrichtian	

التطابق الزمنى — الصخرى البينأقليمى والمحلى

Interregional and local time -rock correlation

التطابق البينأقليمى أو البينقارى Intercontinental هو التطابق الذى يربط بواسطته تتابع الحوادث الجيولوجية فى إقليم أو قارة بالسلم الزمنى الجيولوجى العالمى ، أو بالتتابع الجيولوجى فى إقليم أو قارة أخرى ، أما التطابق الزمنى الصخرى المحلى فيظهر تزامن Synchroneity أو عدم تزامن الحوادث فى منطقة محدودة دون إشارة ضرورية إلى السجل الجيولوجى العالمى .

التّرابط الزمنى – الصخري المحلى :

يمكن تقسيم الوحدات الزمنية الصخرية إلى أقسام أقل من النسق Series والأنماط Stages فى إيجاد مقياس زمنى دقيق التدريج توقت به الأحداث الحيولوجية المحلية فى حدود التقويم الحيولوجى المحلى المطبق .

وتعتبر الأنماط وتحت الأنماط Substages وحدات زمنية صخرية Time-rock مفيدة فى التطابق المحلى ويعتقد كثير من الجيولوجيين أن استعمال هذه الوحدات يجب أن يقصر على التطبيقات النشبيأيالية Intraprovincial حيث انه لا يمكن التعرف بثقة على هذه الوحدات فى التّرابط البينأقليمى Interregional Correlation وقد أمكن القيام بنجاح ملحوظ بعمليات التّرابط بين الأنماط المحلية فى المناطق المستعملة فيها .

التّرابط الزمنى الصخرى المحلى بواسطة الحفريات :

يعتمد التّرابط الزمنى الصخرى المحلى بواسطة الحفريات على التعرف على نطاقات حيوطبقية متوازية الزمن Time-parallel كآفاق Horizons تقسم العمود الجيولوجى إلى أنماط وتحت أنماط ، مستعملا الحفريات المرشدة Guide foossils للنطاقات المهمة كحفريات دالة Index fossils للوحدات الزمنية الصخرية .

التّرابط الزمنى الصخرى المحلى بواسطة الطبقات المتوازية الزمن :

ثبت أن بعض الوحدات الصخرية المتوازية الزمن Time-parallel يمكن بتتبعها وترابطها إنشاء مستويات أساسية Datum planes تستعمل التّرابط الصخرى الزمنى الدقيق داخل مناطق محدودة .

ومن أمثلة الوحدات الصخرية المتوازية الزمن طبقات البنتونيت Bentonite التى تنتج من الرماد البركانى المتساقط الذى يغطى أيالات كاملة فى وقت واحد ، مكوناً طبقات معلمة يمكن الاعتماد عليها أكثر من الحفريات الدالة . كما أن وجود وحدات من الحجر الجيرى منفردة بين تعاقبات من الظروف الصخرية يمكن منه الاستدلال على أن الحجر الجيرى يكون مستوى صخرياً زمنياً يربط بين تلك التعاقبات الصخرية فى الأماكن المختلفة .

وتدل الرواسب الفحمية كذلك ، وهى التى يلزم لتكونها تطابق Coincidence الظروف الطبوغرافية المناسبة والظروف التشكيلية والمناخية فترات زمنية قصيرة نسبيا على التوازى الزمنى المحلى طوال وجودها .

ثانياً — طرق تحت السطح الجيولوجية :

يحتاج الجيولوجى المنقب عن البترول إلى بيانات من تحت السطح للأسباب الآتية :

١ — لتقدير العمق الذى يتوقع أن يوجد عليه الأفق الزيتى .

٢ — لتقييم الطبيعة الصخرية لصخر الخزان البترولى حتى يمكن تقدير مساميته ونفاذيته وحجم الزيت الذى سيستخرج .

٣ — لتخطيط الآبار التى ستحفر فى المستقبل على أساس اقتصادى حتى يمكن الحصول على أقصى إنتاج من منطقة الحقل .

٤ — لتعيين امتداد الحقل البترولى وحدود غطاء الغاز ونطاق الماء .

٥ — لبيان التركيب الذى يكون مختبئاً تحت السطح أو مختلفاً عن التركيبات السطحية .

٦ — لتوضيح المساحة الجيولوجية للمنطقة وجغرافيتها القديمة .

ويشمل الكشف الجيولوجى لتحت السطح الأعمال الآتية :

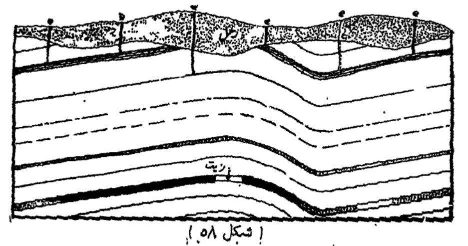
(أ) تنقيب الحفر اللبى :

تنجح طرق الكشف السطحية التى سبق ذكرها عند ما تكون الطبقات ظاهرة على السطح ، أما إذا كانت الصخور مختبئة تحت غطاء من التربة فانه يمكن بحفر حفر أو خنادق دراسة طبقة الصخر التى توجد تحت التربة ، وقد نجحت بعض شركات البترول فى ثقب التربة وجزء ملحوظ من طبقات الصخر التى تحتها بواسطة المثقاب اليدوى Hand auger .

والطريقة المتبعة فى هذا السبيل هى حفر عدد من الحفر على امتداد خط مستقيم فى اتجاه الميل الإقليمى ، فإذا لوحظ أى عكس لهذا الميل تحفر حفر إضافية على امتداد خط المساحة وعلى الجانبين حتى ترسم خريطة للانثناء العلوى ، ومن واجب الجيولوجى أن يمد خطوط ارتفاع إلى أماكن الحفر

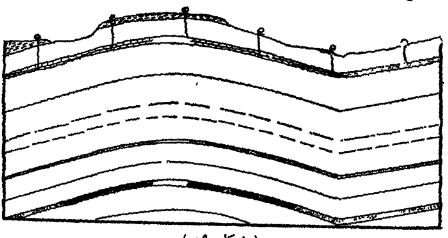
اللبى وأن يراقب العينات الأسطوانية Cores وقطع الحفر Drill cuttings عند وصولها إلى السطح ممثلة لطبقة معينة أو لمجموعة الطبقات التى يستعملها كمنسوب مقارنة لخريطة كونتور التركيب Structure contour ، ويستعمل السجل الكهربائى Electric log أحياناً ليكمل المعلومات عن العينات الصخرية أو ليحل محلها .

فاذا ما وصل الحفر إلى الأفق الدال Index horizon يعين ارتفاعه على مكانه فى الخريطة وينقل الحفر إلى الموقع التالى وهكذا .



(شكل ٥٨)

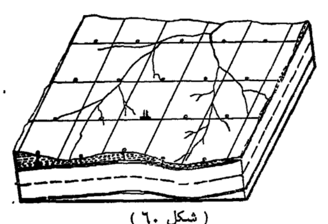
ويعمل الجيولوجى المكلف بعملية تنقيب الحفر اللبى للحصول على بيانات عن الأعماق الطبقية المختلفة لطبقة دالة Index bed يمكن استعمالها كمنسوب مقارنة Datum لتعيين انثناءات أو تركيبات أخرى ، ويبين الشكل التالى كيفية تطبيق هذه الطريقة :



(شكل ٥٩)
يبين كيفية تحديد التثنى باختبارات الحفر اللبى

(ب) حفر الحفر النحيلة Slim holes drilling :

لقد زاد الاهتمام بدراسة طبقية تحت السطح وخاصة تتبع التغيرات الجانبية فى المسامية وسمك صخور الخزان الكامنة البترول فى مصايد طبقية ، كما يتجمع فى المصايد التركيبية ، وحيث إن معظم البيانات التى تطلب تقع فى أعماق أبعد من نطاق أجهزة الحفر اللبى الممكن حملها ، فقد أعد جهاز الحفرة النحيلة Slim hole rig للحصول على المعلومات الجيولوجية من الأعماق الزائدة .



(شكل ٦٠)

يبين خطة حفر آبار اختبارية ضحلة لتعيين التثنى

ويمكن الحصول بواسطة هذه الآلة الدوارة Rotary machine الخفيفة الوزن ، على سجل طبقى كامل لقطاعات من آلاف الأقدام بتكاليف أقل بكثير من تكاليف النوع التقليدى من الأجهزة الرحوية Rotary rigs ، ويمكن لأجهزة الحفر النحيلة حفر آبار استكشافية تتراوح أقطارها بين ٤ بوصات وأقل من بوصة ونصف ، وتصل إلى عشرة آلاف قدم فى العمق .

(ج) حفر الآبار Drilling wells :

يدخل حفر الآبار ضمن نطاق الأعمال التى يهتم بها الكشف الجيولوجى لتحت السطح لسببين على الأقل :

١ — تتبع نتيجة الدراسات الكشفية للسطح وتحت السطح بعد تعيين مكان الحفر لمعرفة إمكانية وجود البترول أو الغاز .

٢ — الحصول على معلومات جيولوجية هامة من الأعماق، ويعتمد الحصول عليها على طريقة حفر الآبار، وعلى الحفار الذى يقوم بالحفر، ولهذه الأسباب وغيرها يعهد إلى جيولوجى مقيم أوجيولوجى استغلال Exploitation or Resident geologist بهذا النوع من العمليات، وتكون مسئوليته الأساسية هى جمع كل الأدلة الممكنة عن الصخور التى يمر بها الحفر وإقامة سجل بئرى جيولوجى Geological well log لكل حفرة تثقب Bore hole

ويكون هذا الجيولوجى مسئولا خلال الحفر الفعلى للآبار عن إرشاد هيئة الحفر Drilling staff عن الأحداث المتوقعة، مثل ظهور الزيت Oil show أو الغاز أو الماء، وعن طبيعة التكاوين التى يتوقع وجودها فى كل عمق وبنوع خاص على الطبقات غير العادية التى قد يقابلها أثناء الحفر مثل الطين الصفحى المنهار Heaving shale ولكى يسهل على الجيولوجى المقيم جمع الأدلة الجيولوجية الهامة مثل حدود التكاوين Formation boundaries يطلب إلى الحفارين تزويده بعينات اسطوانية عن الأعماق المطلوبة، ويكون مسئولا عن الحصول على أقصى البيانات من كل عينة، وعن حفظ العينات الاسطوانية Cores وقطع الآبار Wells Cuttings بحيث تمكن إعادة فحصها بعد ذلك.

ويكون هذا الجيولوجى مسئولا كذلك عن عمل أكبر عدد ممكن من الترابطات بين الطبقات المثقوبة فى الآبار المتجاورة، ليحصل بذلك على صورة نامية ممتدة دقيقة عن الجيولوجيا المساحية وجغرافيتها القديمة، ويمكن التنبؤ بذلك عن وضع ومدى الرواسب البترولية الإقليمية.

ويمكن تلخيص عمل الجيولوجى المقيم بأن هدفه الأساسى هو أن يجمع من كل مصادر المعلومات الممكنة التاريخ الرسوبى والتركيبى لمنطقة الاستكشاف، وأن يبنى بالأدلة المجمعة من الحفر صورة واضحة عن العمليات الأرضية الأساسية التى أثرت فى الأمور الآتية :

١ — مصدر الرواسب.

٢ — بيئات الترسيب

٣ — تاريخ الترسيب .

٤ — تاريخ التثنى خلال فترات الترسيب المختلفة المعقدة والإجهادات التى أصابت القشرة الأرضية وسببت تثنى الرواسب .

ويكون عمل جيولوجى الاستغلال بذلك هو توضيح هذه العوامل المعقدة مرحلة مرحلة ، وإن يصل تدريجيا إلى عقيدة صحيحة مضبوطة عن الجغرافيا القديمة لكل المنطقة حتى يمكن التعرف على اتجاهات الاندفاعات Thrusts والركيزات Buttresses القديمة التى انثنت واعوجت أمامها الطبقات ، وحتى يمكن رسم خرائط تبين الوضع النسبي للبحر والأرض خلال كل الأزمنة الجيولوجية ، وبذلك يتعرف على خطوط الشاطىء Shore lines القديمة . وتعرف تبعاً لهذا أحسن البيئات المناسبة لتركيز الأيدروكربونات .

وتوجد طريقتان مميزتان لحفر الآبار البترولية :

١ — الحفر الأساسى Standard drilling :

تسمى هذه الطريقة أيضاً طريقة الحفر بالآلة المعلقة Cable tool أو الحفر بالدق Percussion drilling حيث يحفر البئر بسقطات متتالية للآلات الثقيلة Tools ، فتنكسر قطع من الصخر الموجود فى قاع الحفرة ، نتيجة لحفريات القضمة المكسرة Bit دوريا حتى يمكن استمرار تعميق الحفرة .

٢ — الحفر الدوار أو الرحوى Rotaty drilling :

تعتمد هذه الطريقة على دوران اسطوانة الحفر Drill pipe فتدير القضمة Bit الموجودة فى قاع الحفرة التى تجرش قطعا من الصخر أثناء دورانها ، وتبعد القطع الصخرية باستمرار بواسطة تيار من السائل الطينى Mud يدفع من السطح فى اسطوانة الحفر خارجا من فتحة فى القضمة ثم يعود صاعدا للسطح بين اسطوانة الحفر وجدران الحفرة ، حاملا معه قطع الصخر التى فتتها القضمة من الحفرة ، ولهذا السائل الطينى علاوة على مهمته الناقلة والمشحمة فوائد أخرى فإنه يكون تحت ضغط كبير حين يمر بين اسطوانة الحفر وجدران الحفرة بحيث يمنع انهيار Caving الجدران ، كما يمنع الانفجار Blowout عند وجود غاز ذى ضغط كبير ، ويسد كذلك العروق المائية .

ويحصل من الحفر الدوار على نوعين من العينات الصخرية : قطع Cutting وعينات اسطوانية أولبية Cores كما يحصل على عينات من الماء أو الزيت والغاز ، ولهذه العينات أعظم قيمة لكل من جيولوجي ومهندسي البترول ، فيستعمل جيولوجي البترول هذه المواد الخارجة من تحت السطح لتعطيه صورة مجسمة عن القشرة الأرضية ، كما يقرر بواسطتها المهندس كيفية استغلال المنطقة .

والقطع الصخرية Rock cuttings هى الفتات الصخرى المكسر أو المقتلع من الصخر الذى تحفره القضمة فى قاع الحفرة ، فاذا كانت طريقة الحفر بالآلة المعلقة Cable tool هى المستعملة فان القطع الصخرية تفتت من الصخر بالفعل الدقى Pounding لحواف القضمة الحلوة ، وتخرج هذه من الحفرة بواسطة المنزحة Bailer حيث تفرغ على سطح الدرك Derrick . وتوضع العينات بعد ذلك فى أكياس قماشية يبين بها العمق واسم البئر ومكانها ، وتقتطع قطع الحفر الدوارة Rotary cuttings من الصخر بالقضمة الدوارة Rotary bit وتصل إلى السطح مع دورة طين الحفر Drilling mud حيث تحجز عند رجاج الطين الصفحى Shale shaker ، ثم توضع فى أكياس قماشية ، غير أن تعيين عمقها ليس من السهولة كما هو الحال فى عينات الحفر بالآلة المعلقة ، نظراً للتأخر الوقتى بين اقتطاع القطع من الصخر وحجزها عند الرجاج الطينى ، لقد كان الحفر خلالها مستمرا ، غير أنه يمكن تقدير الزمن الذى تستغرقه دورة طين الحفر صاعدة إلى أعلى ، حاملة القطع الصخرية بوضع مادة يسهل التعرف عليها كالأرز أو القمح فى طين الحفر ، فإذا أضيف ذلك إلى السجل الزمنى للحفر أمكن إيجاد تقدير دقيق للعمق الحقيقى الذى جاءت منه القطع الصخرية . وفى بداية العمل بطريقة الحفر الدوار كانت للقطع الدوارة قيمة مشكوك فيها ، نظرا لخلطها مع الانهيارات Cavings من الطبقات العليا أو فشل طين الحفر فى حمل العينات إلى السطح وكذلك لعودة القطع الصخرية مع الدورة الطينية نفسها .

وقد أمكن للمهندسين بعد ذلك التغلب على هذه الصعوبات بعد دراسات مستفيضة لطين الحفر واستعمال أحواض ترسيب كبيرة .

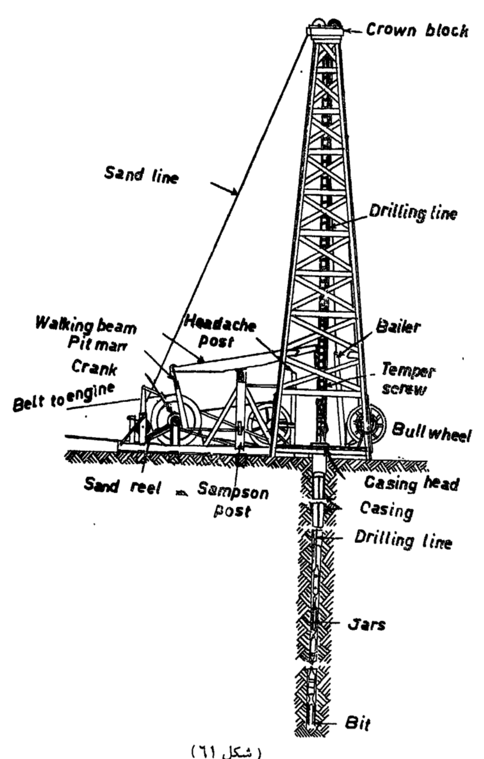
وتفحص قطع الآبار Well cuttings بعد غسلها جيدا لاستبعاد الغشاء الطينى الذى يغطيها بواسطة ميكروسكوب مجسم Binocular microscope للتعرف على الصخر أو الصخور الممثلة فى العينات واحتمال وجود أى ظواهر بترولية ، أو لعمل ترابط Corraletion وهذا يقتضى القيام بدراسات صخرية وحفرية على العينات وإعداد السجلات اللازمة التى سيأتى شرحها فيما بعد . وللعينات الاسطوانية أو اللبية Cores التى قد يحصل عليها أثناء الحفر أهمية بالغة للجيولوجى ولمهندس الانتاج ، فيمكن للمهندس الحصول على بيانات مقدارية Quantitative عن المسامية والنفاذية والتشبع الزيتى ، وهو النسبة المئوية للسعات المسامية Pore spaces التى يملؤها الزيت أو الماء .

ويحصل الجيولوجى من العينات الاسطوانية على المعلومات اللازمة عن العلاقات النسيجية للصخور ، وفى بعض الأحيان يمكنه أن يتبين بعض الظواهر التركيبية مثل عدم التوافق أو الميل ، كما يحصل منها على الحفريات الدقيقة اللازمة للسجلات الحفرية ولعمل الترابط الطبقى ، وقد تحتوى العينات الاسطوانية أحيانا على بعض الحفريات الكبيرة .

(د) التسجيل Logging :

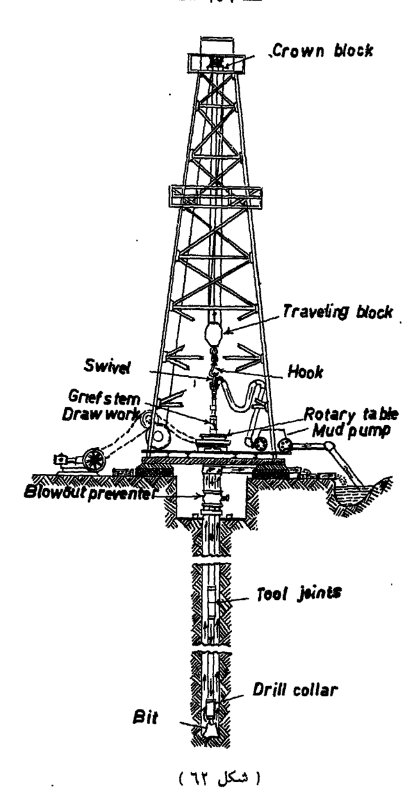
يعرف السجل Log اصطلاح البترول بأنه بيان لما يحدث أو ينتج أثناء أو بعد حفر البئر البترولى ، وهو يقدم بصورة مباشرة أو غير مباشرة تقريرا عن التكاوين الجيولوجية التى تثقب ، وبعض هذه السجلات بسيط يدل على تعريف الصخور المحفورة أو الوقت الذى استغرقه حفر كل قدم فى الصخر ، ولكن بعضها معقد يمكن إعداده بعد دراسة مستفيضة لقطع الحفر أو العينات اللبية أو من الملاحظات المدونة بمساعدة أجهزة طبيعية أو كيميائية .

كما يمكن بواسطة المعلومات الجيولوجية لتحت السطح التى تظهر فى السجلات أن يعين النظام التركيبى للصخور ، وأن تعرف التغييرات الجانبية فى السحن ، ولهذه أهمية كبيرة فى الكشف عن البترول والمصايد الخازنة له . وفيما يلى أهم أنواع السجلات :



(شكل ٦١)

جهاز حفر بالآلة المعلقة Cable tool



(شكل ٦٢)

Rotary drilling جهاز حفر دوار

١ — سجل العينات Samples log :

يبين سجل العينات صخرية العينات التى يتعرف عليها الجيولوجى بعد فحصها بميكرسكوب مزدوج Binocular microscope وقد أصبح تحضير سجل العينات إجراء روتينيا فى كل الأعمال الجيولوجية لتحت السطح ، ولما كان من الضرورى تثبيت أوصاف الأنسجة الصخرية التى تعد من يوم لآخر بمختلف الأفراد فأنه من المستحسن استعمال مقياس نسيجى Textural standard فى إعداد سجلات العينات .

٢ — سجل الزمن Time log :

يشتمل سجل زمن الحفر Drilling time log أو سجل سرعة الثقب Rate of penetration log على منحنى Curve يرسم على أساس الزمن والعمق .

ويبين منحدر المنحنى سرعة الثقب ، وتظهر أى انقطاعات فجائية مواضع تماس Contacts الصخور التى تثقب بدرجات متباينة .

والعامل الأساسى الذى يسيطر على سرعة الحفر هو صلابة الصخر الذى يحفر ، وهذه تتوقف على المحتويات المعدنية ، ونوع المادة اللاصقة . ودرجة السمنته Cementation والنسيج والمسامية . ومن الواضح أن سرعة الثقب تعتمد أيضاً على عوامل أخرى مثل حدة القضمة Bit والضغط عليها وخصائص وسرعة طين الحفر Drilling mud، وسرعة دوران القضمة Bit ، وعلى مهارة الحفار ، وبالرغم من هذه العوامل المتباينة فان سجل : من الحفر يكون دليلا يعتمد عليه فى بيان طبيعة التكاوين المحفورة .

ويحضر السجل الزمنى الآن بتركيب جهاز آلى أو نصف آلى فوق الديريك متصل بأنابيب الحفر .

ويستعمل السجل الزمنى فى تصحيح التأخير الذى قد يحدث فى عودة العينات ،وفى ترابط الآبار ، وله قيمة خاصة أثناء حفر البئر ، ونظراً لإمكان الحصول عليه فورا ، فيمكن التعرف على أن الحفر قد مر بموضع تماس تكوين Formation contact حتى قبل أن تصل عينات القطع مع طين الحفر

إلى السطح . وقد استعمل السجل الزمنى فى التعرف على الفاصلات المسامية المنفذة أثناء حفر قطاعات سميكة من صخور الكربونات . ويستعمل السجل الزمنى فى عمليات الحفر الدوار كبديل سابق للسجل الكهربائى الذى لا يحصل عليه عادة حتى يكمل حفر البئر .

السجل الكهربائى Electric log :

يقدم السجل الكهربائى أدلة قوية للكشف الجيولوجى لتحت السطح بتقديم بيانات غير مباشرة . ولكنها قيمة للترابط الطبقى تحت السطح لتعيين الميل والمضرب Strike وللتعرف على الفوالق ، كما يقدم البيانات المفيدة عن تكوين رأى مبدئى عن النفاذية والمحتويات السائلة للصخور المحفورة . ولا يمكن عمل التسجيل الكهربائى فى بئر مغلفة Cased well فتستبعد بذلك معظم آبار الحفر الأساسى Cable tool or standard drilling وليس للسجلات الكهربائية قيمة حتى فى آبار الحفر الدوار إذا اعترضت الحفر طبقة من الملح الصخرى Rck salt إذ يسبب ذلك خلط طين الحفر بالملح وتصبح له مقاومة كهربائية Electrical resistance شديدة الانخفاض . ويقصر التسجيل الكهربائى على ذلك فى آبار الطبقات الرسوبية الحاملة للأملاح على الطبقات التى فوق الطبقات الملحية إلا إذا غلفت Cased off الطبقات الملحية فيمكن حينئذ الحصول على سجلات كهربائية موثوق بها فى الأجزاء السفلية من القطاعات .

وللتسجيل الكهربائى ميزة الاستمرار والدقة فى قياس الأعماق البئرية ، كما إنه إجراء سريع رخيص لا يتأثر بالعامل الشخصى . إذ أنه مجرد عملية تسجيل آلية .

ويعطى التسجيل الكهربائى دلائل موثوقا بها عن صخرية القطاعات الطبقية التى تتكون من طبقات متبادلة من الحجر الرملى والطين الصفحى ، أما إذا كانت القطاعات مكونة من صخور كربونات وانهيدريت وطين صفحى وحجر رملى فان التعرف على صخرية القطاع بالتسجيل الكهربائى يصبح أكثر صعوبة ، لأن مثل هذه القطاعات تكون عرضة بنوع خاص للتغيرات السحنية الجانبية ، وهو ما يدعو إلى ضرورة مقارنة التسجيل الكهربائى بسجل

العينات الصخرية ، وبالرغم من ذلك فان السجل الكهربائى لايزال وسيلة هامة فى ترابط التكاوين الملحية .

ويشمل السجل الكهربائى نوعين من السجلات : أحدهما يظهر الجهد الذاتى Self potential والآخر يظهر المقاومة Resistivity ، ويلزم لتحضيرها أن تخرج من الحفرة كل معدات الحفرة ويبقى طين الحفر ، ويتم التسجيل بعد وضع الكترود ثابت Stationary electrode على السطح فى حفرة الطين Mud pit ثم إنزال مجموعة الكترود متحرك Traveling electrode assembly موجودة فى نهاية حبل معدنى ملفوف على بكرة فى عربة التسجيل إلى قاع الحفرة :

وترفع هذه المجموعة الالكترودية بجهاز رفع فى عربة التسجيل وتمرر بتقطع Intermittently أثناء ذلك تيارات كهربائية خلال الالكترودات فترسم قراءات العداد الكهربائى آليا أمام الأعماق المقابلة على طبلة التسجيل .

وتدون قراءات الجهد الذاتى Self potential عند ما تقطع التيار Current off، بينما تدون قراءات المقاومة Resistivity عند ما يكون التيار الكهربائى مارا Current on ، ويقيس الجهد الذاتى الجهد الطبيعى بين الكترود السطح وبين واحد من الاكترودات الموجودة فى البئر ، بالمليفولت Milli volt (١ مليفولت = ٠٠١, فولت) ومنسوب المقارنة أو نقطة الصفر على مقياس المليفولت هو متوسط جهد الطين الصفحى .

ويشار إلى القياسات الموجودة على يمين هذا المنسوب المختار بأنها مغايرة موجبة Positive anomalies ، بينما تسمى تلك الموجودة إلى اليسار مغايرة سالبة Negative anomalies وينتج منحنى أو منحنيات المقاومة Resistisivity curves التى تظهر على الجانب الأيمن من السجل الكهربائى ، من قياسات تعمل على الاختلافات فى الجهد بين الكترودين عندما يرسل تيار كهربائى خارجى إلى الأرض بواسطة زوج منفصل من الالكترودات .

وتسمى وحدة قياس المقاومة الكهربائية Electrical resistivity أوم Ohm وتعرف المقاومة الكهربائية بأنها الخاصية التى تعمل على أن تعوق سريان الكهرباء خلال مادة ، وتشمل قراءات المقاومة التى يحصل عليها للصخور

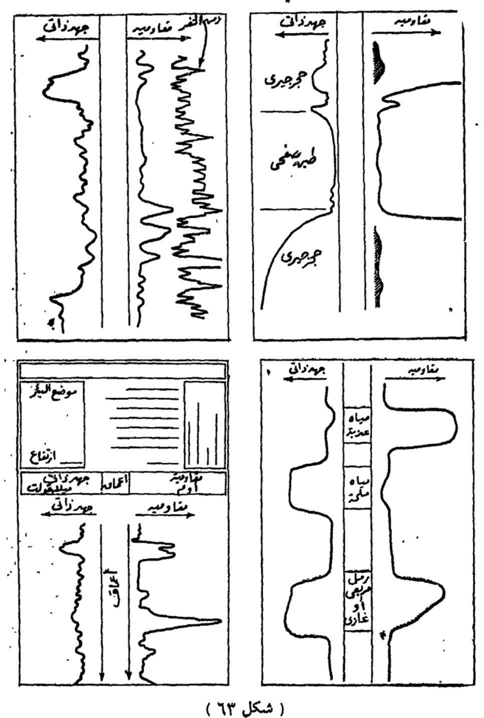
الموجودة بالحفر نتيجة مقاومتين : مقاومة للصخر نفسه ، ومقاومة للسائل الذى يحويه ، كما تتأثر القراءات كذلك بوجود طين الحفر ، وفى الطبقات المنفذة يزيد تدخل الطين فى صخر الحائط تعقيد القياسات .

وتظهر الاختلافات عن الوضع المتوسط Norm فى منحنى الجهد الذاتى Self Potential curve فقط عند ما تمر الآبار فى طبقة لها درجة معينة من المسامية والنفاذية ، ولكن تقديرات المسامية يمكن اعتبارها وصفية Qualitative لاتقدر المسامية تقديرا مطلقا ، وتحدث المغايرة السالبة Negative anomalies عندما يحتوى الخزان الرملى أو الكربوناتى على ماء (يحتوى على زيت أو خال منه) أكثر ملوحة من الماء الموجود فى طين الحفر ، وحيث إن هذه هى القاعدة العامة فان الشواذ السالبة أكثر حدوثا من الشواذ الموجبة ، ويلاحظ أن حجم الجهد الذاتى السلبى هو نتيجة كل من المسامية وتركيز الملح ، ولهذا السبب فإن قراءات الميليفولت Millivolt readings لا يمكن أن تعتبر مقياساً كمياً Quantitative للمسامية . وتوجد الشواذ الموجبة فى طبقات المياه العذبة Fresh water aquifers وعندما تخترق حفرة المثقب طبقة بايريتية Pyritiferous layer ، ويمكن أن يقال بصفة عامة قد تتغير إنه كلما زادت صلابة الصخر عند الحفر زادت مقاومته الكهربائية Electrical resistivity ولذا يميل منحنى المقاومة لأن يوازى سجل زمن الحفر المدون ، وحيث إن المياه المالحة تكون موصلات جيدة عندما توجد داخل الصخر فان المنحنى يظهر مقاومته أقل ، وعلى نقيض ذلك نجد أن المياه العذبة والمياه الكبريتية والزيت والغاز موصلات رديئة وتسبب بذلك مقاومات عالية : كما أن الصخور الجافة الكثيفة تكون دائما ذات مقاومة عالية .

إن تفسيرات منحنيات المقاومة تصبح عظيمة القيمة عندما توضع فى الاعتبار المسامية وخاصة النفاذية ، كما تظهر من منحنى الجهد الذاتى ، ويبين الجدول الآتى بعض التفسيرات الممكنة :

	مقاومة منخفضة	مقاومة عالية
منفذ	مياه مالحة فى الصخر	مياه عذبة (فى الاعماق الضحلة فقط عادة)
غير منفذ	طين صفحى وصلصال يحتوى على مياه مالحة ممتصة	حجر جيرى ودولوميت انهيدريت وملح وفحم

ويبين الشكل التالى مقاومة نوعين من الحجر الجيرى كلاهما عال ولأحدهما مسامية واضحة كذلك كما ، يبين الاستجابات المختلفة للتيار الكهربائى :



(شكل ٦٣)

سجل كهربائي يبين الإستجابات المختلفة

التسجيل الدقيق Micrologging :

لقد أدى البحث المستمر فى تحسين طرق التسجيل الكهربائى إلى نتائج قيمة ، فأدى جعل الفسحات الألكترودية Electrode spacings بين بوصة وبوصتين إلى إمكان قياس الأجزاء المغلة من القطاعات إلى أجزاء من القدم ، كما عمل وضع الألكترودات فى وسادة عازلة تضغط على حائط حفرة المثقب على تفادى فعل الدائرة القصيرة Short circuit ، وبذا يمكن عمل التسجيل الدقيق فى وجود الملح ، وهذا يسمح بالتسجيل الكهربائى تحت التكاوين الحاملة للملح دون حاجة إلى التبطين Casing .

مسجلات النشاط الاشعاعى Radioactivity logs :

ينتج تسجيل النشاط الإشعاعى سجلين: أحدهما يقيس الانطلاقات الطبيعية Eman ations لأشعة جاما Gamma rays من تكاوين الصخور التى تثقبها البئر ، ويقيس الآخر تأثير القذف التحطيمى Bombardment للجدر الصخرية بنيوترونات Neutrons من مصدر خارجى ، ولسجلات النشاط الإشعاعى ميزة أنها يمكن الحصول عليها خلال سلاسل عديدة من البطائن Casings وحتى خلال الأسمنت .

وتعتمد نظرية تسجيل النشاط الإشعاعى على أن كل الصخور تحتوى على مواد مشعة ، ولكن بدرجات شديدة التفاوت ، وتنحل المواد المشعة بطريقة مستمرة ، وتنطلق أثناء ذلك أشعة أكثرها نفاذاً هى أشعة جاما .

ويحتوى الطين الصفحى كقاعدة عامة على مادة مشعة أكثر من الأحجار الرملية أو الجيرية ، ويظهر الطين الصفحى بذلك نتوءاً واضحاً فى منحنى أشعة جاما ، فيصبح سجل أشعة جاما بذلك سجلا صخرياً كذلك .

ويبين منحنى نيوترون Neutron curve الناتج عن القذف التحطيمى الصناعى النيوترونى للجدر الصخرية قياساً عكسياً Inverse لكمية الأيدروجين الموجودة .

ولما كان معظم إيدروجين الصخر يوجد فى الماء أو الزيت الموجود فى الفراغات فان منحنى النيوترون يبين وجود السوائل ، فهو بذلك سجل للمسامية Porosity log ، وعلى الرغم من أنه ليس من الممكن تمييز الزيت

عن الماء فى سجل النيوترون ، فإن هذا المنحنى يكمل سجل أشعة جاما بأنه يجعل فى الإمكان التمييز بين الحجر الرملى والحجر الجيرى الكثيف ، وتزداد دقة التعرف على الصخرية بواسطة السجلات المشعة إذا ما استعملت مع السجلات الكهربائية .

وتحضر سجلات أشعة جاما بانزال اسطوانة صلب تحتوى على غرفة تأين Ionization chamber مملوءة بغاز هامد Inert مع زوج من الالكترودات فى حفرة المثقب ، وتعلق اسطوانة الصلب من سلك ملفوف فوق التيارات بين الالكترودات .

وتسجل هذه التيارات بواسطة مجموعة من المضخمات Amplifiers مع العمق كمنحن على طبلة تدور فى عربة التسجيل .

ويستعمل التسجيل النيوترونى علاوة على غرفة التأين مصدرا قويا للنيوترونات مدرعاً تدريعاً قوياً يقذف محطماً Bombard الجدر الصخرية ، وتقاس تأثيرات القذف التحطيمى Bombardment فى غرفة التأين .

(شكل ٦٤)

يبين مقارنة سجل نشاط اشعاعى بسجل كهربائى وسجل صخرى

خرائط وقطاعات وترابط تحت السطح :

: Subsurface maps, Sections and Correlation

تكون العينات الصخرية والسجلات التي يحصل عليها عند حفر الآبار المختلفة بيانات هامة لعمل الخرائط والقطاعات العرضية التي لها قدر عظيم في الكشف البترولي ، ويصبح بذلك من واجب جيولوجي تحت السطح Subsurface geologist أن يجمع سجلات الآبار الفردية في بيانات توضيحية Illustrations ترشد المسئولين الإداريين لاستثمار برنامجهم الكشفي .

خرائط الجيولوجيا القديمة Paleogeologic maps :

خريطة الجيولوجيا القديمة هي خريطة تبين جيولوجية المنطقة Areal geology في زمن من الأزمنة الجيولوجية السابقة ، فهي في الحقيقة الصورة الجيولوجية لما يمكن أن ينتج لو قشرت الطبقات الصخرية الحديثة الواقعة فوق عدم توافق .

وتبنى خرائط الجيولوجيا القديمة برسم التكاوين التي تظهر في بيانات الآبار الواقعة تحت مستوى عدم التوافق ، فيظهر بذلك كثير من الظواهر التركيبية التي يحجبها عدم التوافق وكثير من البيانات عن الماضي الجيولوجي ، وهذا يعد مرشداً للبحث عن المصايد الطبقية .

خرائط الجغرافيا القديمة Paleogeographic maps :

تبين خرائط الجغرافيا القديمة المناطق التي غطتها البحار أو لم تغطها خلال زمن من الأزمنة الجيولوجية القديمة .

ويمكن عمل خرائط الجغرافيا القديمة فقط عند ماتكون خطوط الشاطئ الفعلية قد غمرتها وغطتها رواسب أحدث منها عمراً قبل أن يذهب التحت بكل دليل على مكان الاتصال السابق بين الأرض والبحر ، وهذا الوضع المثالي نادر الحدوث .

ويمكن عمل خرائط جغرافيا قديمة أحسن من الموجودة الآن بدراسة أكثر عمقاً واكتمالا للتنبوء القديم Paleoecology للرواسب وما تحويه من حفريات ، وهذا ينتج عنه تقدير أكثر براعة للمسافة بين أكثر الرواسب الباقية خروجاً والمنطقة الأرضية الأصلية .

. . . .

خرائط كونتور التركيب Structure contour maps :

تكوّن خرائط كونتور التركيب لصخر الخزان بيانات أكثر صلاحية فى دراسة التجمعات البترولية عن خرائط كونتور التركيب للتكاوين المطلة .

وتحضر خرائط كونتور تحت السطح بتحديد ارتفاعات سطح منسوب مقارنة (عادة يكون السطح العلوى للتكوين) ثم رسم خطوطها الكنتورية . ويمكن الحصول على هذه الارتفاعات من بيانات السجلات المختلفة .

الخرائط الأيزوباكية Isopachous maps :

يعرف الأيزوباك Isopach بأنه الخط المرسوم بين نقطة السمك المتساوى ، فيعين جيولوجى تحت السطح سمك الوحدة الصخرية ويضع هذه البيانات على خريطة ، ثم ترسم الخطوط الأيزوباكية بنفس طريقة الخطوط الكونتورية .

وتستعمل الخرائط الأيزوباكية كثيراً فى البحث عن البترول ، فتبين اتجاه الضيق الجانبى Pinch out ، ومثال ذلك يظهر نقص محلى فى سمك الطبقات على خريطة إيزوباكية احتمال وجود منعكس ميل أو قبة تكوّنا وقطعا قبل أن يترسب الصخر الذى فوق المنطقة التى تشملها الخريطة الأيزوباكية .

وتستعمل الخريطة الأيزوباكية لتعيين حجم الرمال المشبعة لبيان حساب المختزن البترولى .

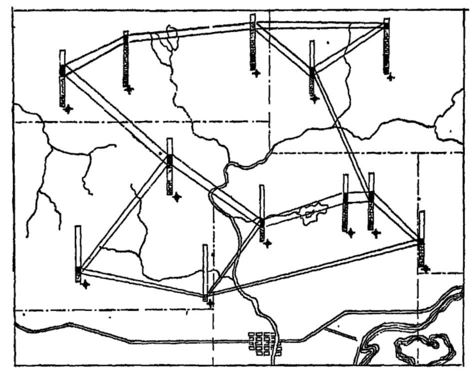
خرائط السجلات Log maps :

ترسم السجلات بجوار مواضع الآبار على الخريطة ، فتظهر بسرعة العلاقة بين سمك الطبقات وتغيراتها الجانبية فى الأوضاع الجغرافية المختلفة .

القطاعات العرضية Cross sections :

تحضر القطاعات العرضية برسم البيانات التى يحصل عليها من الآبار وبملء حدود التكاوين Interpolating formation boundaries والبيانات الأخرى بين الآبار .

وترسم البيانات البئرية بعد اعتبار سطح البحر كقاعدة ، ويمكن اعتبار حدود التكوين كقاعدة للقطاع .



(شكل ٦٥)
يبين خريطة سجل تظهر العلاقة بين التغيرات الجانبية للطبقات والموقع الجغرافى

توجد طريقتان هامتان للترابط :

١ — دراسة الحفريات وخاصة الحفريات الدقيقة .

٢ — تحليل المعادن الثقيلة Heavy mineral analysis:

١ — الترابط بالحفريات :

تعتبر دراسة المحتويات الحفرية أكثر المصادر فائدة لجيولوجى البترول حتى يمكنه الكشف عن التاريخ الطبقى لمنطقة ما ، وتستمد الحفريات أهميتها فى الترابط من أنها تميز الطبقات المختلفة التى توجد بها ، وتمثل الأزمنة التى ترسبت فيها هذه الطبقات ، وأنها تبين الظروف التبيئوية التى سادت وقت الترسيب .

ويبحث الجيولوجى الطبقى الذى يعمل كاشفاً عن البترول على حفريات النطاقات Zones fossils وهى الحفريات التى تجمع بين أعظم انتشار جغرافى وأقل امتداد زمنى ، وهذه يحصل عليها من فحص قطع القضمة أو العينات اللبية أو السطحية .

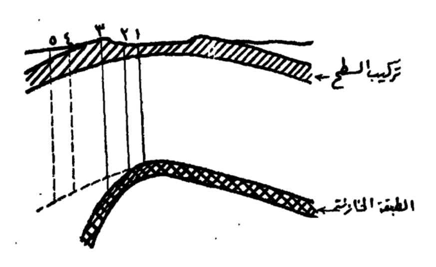
ترابط تحت السطح Subsurface correlation :

يسجل أكبر قدر من المعلومات عن الطبقات المحفورة أثناء حفر كل بئر لكى يمكن عمل ترابط بين الآبار المتجاورة أو الآبار التالية ، ويخدم الترابط الأغراض الأساسية الآتية :

١ — يمكن التحكم جيولوجيا وآليا فى تقدم كل عمليات الحفر التالية للبئر الاستكشافى الأول ، إذا ما أمكن التعرف على أفق معين مميز .

٢ — يقدم الترابط بين الآفاق فى الآبار المختلفة وسيلة ثمينة فى تحديد تركيب تحت السطح Subsurface structure وقد يكون هذا التركيب مختلفا اختلافا كليا عن الشكل الظاهر على السطح ، ويصبح تحديده ممكنا فقط نتيجة لترابط البيانات الصادرة عن الحفريات المختلفة .

٣ — تقدم البيانات الجيولوجية التى يحصل عليها من عدد من الحفر مجموعة من القطاعات يمكن عن طريق ترابطها توضيح دراسة المحتويات الحفرية Fossil contents والحيولوجية لكل المنطقة ، وتعتمد تطبيقات طرق



(شكل ٦٦)
يبين أهمية الترابط فى استبصار حقيقة تركيب تحت السطح

الترابط على تعيين ظاهرة خاصة أو مميزة فى صخور تحت السطح فى أحد الآبار ثم التعرف بعد ذلك على نفس هذه الظاهرة فى الآبار الأخرى ، وقد رأينا كيفية التعرف على بعض هذه الظواهر الخاصة ، ففحص قطع القضمة Bit cuttings والعينات الاسطوانية أو اللبية Cores يظهر بعض الطبقات النوعية المميزة ، ويظهر سجل زمن الحفر Drilling time log الأجزاء الصلبة واللينة من الطبقات الصخرية ، ويعين السجل الكهربائى النطاقات ذات المقاومة والنفاذية الواضحة الخ .

ويجدر بنا عند عمل دراسة ترابطية بين الآبار تطبيق عدة طرق ترابط مختلفة تؤيد وتخدم كل طريقة منها الأخرى، وهذا ينتج عنه ترابط دقيق بين الآبار ، فاذا بدأ الحفر مثلا على أساس تركيب سطحى متماثل كالظاهر فى الشكل التالى ووضع تخطيط على أساس حفرخط من الآبار من١ــ٥ ، فان عمل ترابط دقيق بين الآبار ١ ، ٢ ، ٣، كما يبدو فى الشكل، سوف يظهر بوضوح أن الجانب الأيسر من التركيب الموجود تحت السطح أشد انحدارا عما كان يتوقع ، ويفسر لماذا كانت البئر ٣ غير منتجة ، فلا تحفر بذلك البئران ٤ و٥ وتوفر بذلك نفقات الحفر الباهظة والوقت الطويل .

وتعرّف الفونا المستخرجة من هذه العينات الصخرية وتبوب وتحدد كمية كل نوع من أنواعها .

ويبين هذا التحليل الفونى Faunal analysis أن بعضا من الأنواع الحفرية يستمر خلال معظم التعاقب الطبقى ، وأن بعض الحفريات يوجد بكميات ضئيلة فى العينات ، وأن كلا من هذه الأنواع لا قيمة له تذكر فى الدراسات الطبقية أو الترابط ، ولكن بعض الأنواع Species ذات مدى رأسى ضيق نسبيا ، وذات انتشار كبير ، فتستعمل هذه كحفريات نطاقية Zone fossils تحدد بداية ونهاية مداها للانتفاع بها فى الترابط بين الآبار. وتحضر لأغراض الترابط بين الآبار خريطة مدى فونية Faunal range charts كل بئر ثم تقارن النطاقات الحيوية Biozones التى تقسم لها كل بئر ومدى Range الأنواع الحفرية المختلفة قبل أن يمكن تقرير قيام ترابط حيوطبقى Biostratigraphic بين الآبار التى تدرس .

٢ — الترابط بتحليل المعادن الثقيلة :

يعطى تحليل المعادن الثقيلة طريقة فى غاية الأهمية للترابط مبنية على الأسس الآتية :

حيث إن الطبقات الرسوبية للقشرة الأرضية تكونت أصلا نتيجة للنحت الرياحى أو المائى للمواد النارية ، فمن الواضح أن المحتويات المعدنية للصخر النارى الأصلى تحفظ بدرجة معينة فى الرواسب التى نشأت عنها .

ويتوقف مقدار الحفظ على طبيعة المعادن ، فالمكونات الخفيفة اللينة تتغير تغيرا كاملا بالتجوية والنقل المائى والتحلل الكيميائى ، ولكن بعض أنواع المعادن الثقيلة تحفظ عادة وتصبح دالة على نوع مصدر المادة النارية .

وتعطى دراسة المحتويات المعدنية للرواسب أدلة عن جيولوجية جغرافية ومناخ سطح الأرض وقت استخلاصها . وقد استعمل النج Illing بنجاح تحليل المعادن الثقيلة فى جيولوجيا البترول لأول مرة فى عام ١٩١٦ لترابط رواسب الثلاثى فى جزيرة ترينيداد Trinidad التى لم تحوأية دلائل أخرى على عمرها وتاريخها ، ويقتضى استعمال حشد أوطاقم من المعادن Suite of minerals كوسيلة للترابط أن يكون مميزا ذا كثرة نسبية عالية من المعادن المكونة .

وتعتمد قيمة المعادن للترابط بين منطقتين على وجود مصدر Provenance مشترك لهما يكون صخوراً نارية أو متحولة ، وأحيانا صخوراً رسوبية قديمة تفتتت وأعيد ترسيب مكوناتها ، وإذا كان الصخر الأصلى متجانسا Homogeneous فإن الرواسب الناتجة منه تكون متجانسة ، أما إذا كانت متنوعة فى التكون ، بأن تعرضت طبقات صخرية مختلفة لتعاقبات نحتية ، فان هذا التغير سينعكس على الرواسب الناتجة منه ، فاذا كانت المعادن فى الصخر الأصلى مختلفة بين طبقة وأخرى فان معادن الرواسب الناتجة ستختلف بين طبقة وأخرى ، ويعتمد مبدأ ترابط الآبار التى على مسافات قصيرة على تحديد نطاقات ضيقة نسبيا فى رواسب البترين يمكن ترابطها على اعتبار أنها ممثلة لترسيب متزامن Simultaneous أو متقارب الزمن من مصدر مشترك .

غير أنه يجب أن نذكر أن المعادن الفتاتية يعود ظهورها فى النطاقات المتعاقبة ، بعكس الحفريات التى لا تعود للظهور إذا ما اندثرت ، وان مقارنة طريقتى الترابط يجب أن تكون بحذر تام .

الباب السادس

تقدير المخزونات البترولية

Estimation of oil reserves

تحسب الاعتبارات التالية عندما يراد تقييم مخزون بترولى :

١ — عمق الطبقة الحاملة للزيت .
٢ — عدد طبقات الزيت
٣ — سمك الجزء المغل الفعلى « Actual « pay فى كل طبقة .
٤ — المسامية الفعالة لكل طبقة زيتية .
٥ — المدى المساحى لكل طبقة :
٦ — ضغط قاع الحفرة Bottom-hole pressure لكل طبقة
٧ — درجة حرارة الخزان .
٨ — كمية الغاز فى الطبقة .
٩ — معدل التجاوز المائى Water encroachment .
١٠— عامل الاستخلاص الزيتى Oil extraction .

ويمكن الحصول على العاملين ١، ٢ من السجلات البئرية Well logs وعلى العامل رقم ٣ من دراسات العينات الصخرية واللبية ، وعلى العامل ٤ من الاختبارات المعملية ، ويحسب المدى المساحى للطبقة من القطاعات العرضية للخرائط الكونتورية ، ويقاس العامل ٦ بواسطة القذائف Bombs أما العامل ٧ فهو كمية معينة مقيسة ، والعامل ٨ هو تقدير كثير التغير ، والعامل ٩ هو كمية مؤكدة يحصل عليها من دراسة الآبار التى بها تغيرات مائية فى ضغوط قاع الحفرة ونسب الغاز إلى الزيت ، ويعتمد العامل العاشر على تاريخ المناطق الأخرى المنتجة للزيت فى ظروف مماثلة .

ويكون تقييم العوامل السابقة بواسطة ما يعرف بالطريقة الحجمية Volumetric method لتقدير المخزونات البترولية .

مثال لتقدير المخزونات البترولية بالطريقة الحجمية :

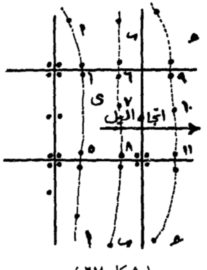
يوجد البترول مثلا بالمنطقة (ى) التى مساحتها ٦٤٠ أيكر Acre فى ثلاثة رمال منتجة (ا ، ب ، جـ) تظهر فى الحفر ١ ، ٥ المبينة فى الشكل التالى :

ويتراوح سمك هذه الرمال المنتجة Productive Sands بين ٢٥،٣٠، ٥٠ قدما مع ميل للرفع التدرجى ناحية الشرق ، وتظهر طبقتان رمليتان منتجتان فقط فى الحفر رقم ٦ ، ٨ هما الطبقتان ب ، جـ ، متوسط سمكهما ٢٥ ، ٤٠ قدما ، وتوجد طبقة رملية بترولية واحدة سمكها ٣٠ قدما فى الحفر ٩، ١٠ ، ١١ ، ويبدو بذلك أن الطبقات البترولية الثلاث ا ، ب ، ج توجد تحت كل مساحة الـ ٦٤٠ ايكر ، فالحفرتان ١ ، ٥ تظهران الطبقات الثلاث ا ، ب ، جـ ، بينما تظهر الحفر ٦، ٧، ٨ الطبقتين ب ، جـ ، فمن الواضح أن الطبقة الرملية العليا (ا) اختفت فى مكان ما بين ١، ٦، ٥، ٨ وبذلك يكون من الأسلم افتراض حدود الطبقة البترولية (ا) عند ١، ٥ ، وتكون المنطقة التى توجد بها الطبقة (ا) التى سمكها ٣٠ قدما ، مساحتها ٢٠٠ ايكر.

وتمتد الطبقة الرملية (ب) كما يظهر من سجلات الحفر إلى ٦، ٧، ٨، التى تعتبر حدود هذه الطبقة ، وتصبح المنطقة التى توجد بها الطبقة (ب) التى سمكها ٢٥ قدما ٤٠٠ أيكر .

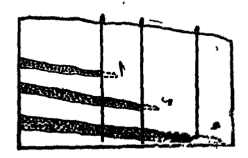
وتوجد الطبقة البترولية (جـ) وسمكها ٤٠ قدما فى كل المنطقة التى مساحتها ٦٤٠ قدما ، ويصبح المجموع الكلى للطبقات البترولية الموجودة فى كل المنطقة ٢٠٠ ايكر بسمك ٣٠ قدما ، ٤٠٠ ايكر بسمك ٢٥ قدما ، ٦٤٠ ايكر بسمك ٤٠ قدما أو ٢٠٠×٣٠= ٦٠٠٠ ايكر قدم + ٤٠٠×٢٥=١٠,٠٠٠ ايكر قدم: ٦٤٠×٤٠=٢٥,٦٠٠ ايكر قدم أى بمجموع قدره ٤١٦٠٠ ايكر قدم ، وهو تقدير معتدل لمجموع كمية الرمل البترولى الواقع تحت القطاع .

ويفترض فى هذا المثال أن لكل الطبقات الرملية نفس المسامية الفعالة ، وأن ضغوط قاع الحفر ودرجات الحرارة واحدة . ولكن كل واحدة منها تحسب عمليا منفردة ، كما أن حجم الغاز الذى يمتصه الزيت يجب أن يوضع فى الاعتبار .



(شكل ٦٧)

يبين أماكن الآبار وحدود الطبقات الرملية أ ، ب ، جـ



(شكل ٦٨)

يبين قطاعا عرضيا فى اتجاه الميل

تظهر معادلة تقدير الزيت الذى يمكن أن ينتجه خزان بترولى أن ·

ر = ف ا ت ب س ز R—Fatpsr

حيث رR = الزيت الممكن تحصيله بالبراميل

ف F = العامل ٧٧٥٨

ا A = المساحة بالايكرات .

ت T = متوسط السمك .

ب B = النسبة المئوية للمسامية .

س S = النسبة المئوية للتشبع.

ز R = النسبة المئوية للتحصيل Recovery المتوقع .

ويحصل على عدد الايكرات – قدم لسعة الفراغات Void spaces فى صخر الخزان الذى يمكن أن تختزن به السوائل بضرب العوامل الثلاثة: المساحة Area × السمك Thickness × المسامية .

ويحول العامل ٧٧٥٨ هذا الرقم الحجمى Volume figure إلى براميل ،وتنقص النسبة المئوية للتشبع Percentage of saturation الحجم بالبراميل لسعة الزيت الكامن بمقدار الماء الموجود مع الزيت فى المسام الصخرية ، ولما كان من المستحيل الحصول على كل الزيت الموجود ، فان الخطوة الأخيرة تكون هى بضرب الزيت الموجود فى الخزان فى النسبة المئوية للتحصيل المتوقع .

ويمكن حساب المساحة وسمك الخزان والنسبة المئوية للمسامية من سجلات الحفر وتحاليل العينات اللبية ، وقد كان يظن سابقا أن الزيت يملأ كل المساحات البيحيبية ، فأدى ذلك إلى تقديرات أعلى بكثير من الحقيقة لكمية الزيت الذى كان يوجد أصلا ، والزيت الذى ترك فى الخزان بعد هجر الحقل ، ولكن عرف الآن أن للرمال الزيتية محتويات مائية بيخلوية Interstitial تتراوح بين ١٠٪ و ٥٠٪ من حجم السعات المسامية Pore spaec ويمكن أن يقال كقاعدة عامة :إنه كلما قلت نفاذية الخزان كلما زادت النسبة المئوية للمياه البيخلوية Intrstitial water ، وعلى ذلك ففى المتوسط يوجد الزيت فى ثلثى السعة المسامية الموجودة فقط ، وتعرف هذه المياه البيخلوية عامة بالمياه الباطنية أو المتزامنة Connate water

وتوجد المياه البيخلوية فى غلاف رقيق يحيط بالحبيبات الصخرية ، ويتجمع الزيت والغاز فى الفراغات التى توجد بين الغلافات المائية ، فهى على ذلك غير متصلة اتصالا مباشرا مع الحبيبات المعدنية لصخر الخزان ، وإذا كانت المسام دقيقة فان الغلافات المائية تلتحم ولا تترك أى فراغ لتجمع المواد الايدروكربونية .

وتفحص وتدرس العينات اللبية التى يحصل عليها من صخور الخزان حتى تمكن معرفة النسبة المئوية لتشبع الزيت والفراغات المسامية ، ويتبقى بعد ذلك عامل واحد لايمكن تعيينه بدقة واختلفت بشأنه الآراء حتى أدى ذلك إلى اختلافات واضحة فى تقديرات المخزونات البترولية ، وهذا العامل هو النسبة المئوية للزيت الذى يمكن استخلاصه بكسب من الخزان .

مصطلحات علمية مصرية فى جيولوجيا البترول

Aromatics	مواد عطرية (أروماتية)
Alpha particles	دقيقات ألفا
Active isotope	نظير نشط
Anaerobic environment	بيئة لا هوائية
Accumulation	تجمع
Acre-foot	إيكر — قدم
Asphalt seals	مختومات أسفلتية
Anticlinal structure	تركيب منعكس الميل
Arab zone	النطاق العربى
Arched layer	طبقة مقوسة .
Asmari limestone Series	انساق حجر جيرى أسمار
Anticlinal arching	تقوس منعكسى الميل
Assymmetric fold	انثناء غير متناسق
Alpine foreland	الأراضى الأمامية الألبية
Anomaly	مغايرة
Areal geologic map	خريطة جيولوجية المساحة
Brackish	مويلحة
Beta particles	دقيقات بيتا
Base exchange	تبادل قاعدى
Bore hole	حفرة الثقب .
Buoyancy	طفو أو خفة
Basement complexes	معقدات قاعية
Bituminous matter	مادة قارية
Bedding plane	مستوى تطبق
Base map	خريطة أساس
Biostratigraphic zones	نطاقات حيوطبقية
Binominal term	اصطلاح باسمين
Bit	قضمة
Bit cuttings	قطع القضمة
Biozones	نطاقات حيوية
Clay eore	لب صلصالى

Compressional forces	قوى كابسة
Columnar sections	قطاعات عمودية
Correlation	ترابط
Cross lamination	ترفق متقاطع
Casing off salt layers	تغليف أو تبطين الطبقات الملحية
Core	عينة لبية — لب
Catalytic reactions	تفاعلات بالحفز
Catalyst	حافز
Clay minerals	معادن صلصالية
Cracking	تكسير
Cyclic hydriocarbon	هيدروكربون حلقى
Clastic sediments	رواسب فتاتية
Connate waters	مياه باطنية أو متزامنة
Contact metamorphism	تحول تماسى
Carbon ratio	نسبة كربون
Capillary openings	فتحات شعرية
Capillarity	خاصة شعرية
Continuous phase	حالة متصلة
Compaction	أحكام
Compaction currents	تيارات الأحكام
Composition of rocks	تكوين الصخور
Coquinas	صخر قشرى .
Cemented	سمنتت
Capillary attraction	جلب شعرى
Cement	سمنت
Cementation	سمنتة
Consolidated rocks	صخور مجمدة
Core analysis	تحليل لبى
Cavernous rock	صخر كهفى
Core barrel	ماسورة اللب
Combination traps	مصايد مشتركة
Core drilling	حفر لبى
Couple	ازدواج
Cap rock	صخر الغطاء

Desulphurizing bacteria	البكتريا النازعة الكبريت أو المتركبة
Displacement pressure	ضغوط إزاحية
Diagenesis	بيتكوين
Differential filteration	ترشيح اختلافى
Drilling	حفر
Descriptive	وصفى
Dense porosity	مسامية كثيفة
Drilling time log	سجل زمن الحفر
Drilling mud	طين الحفر
Darcy	دارسى
Deformation	تغير شكلى
Domes	قباب
Drag folding	تثنى سحبى
Diagenetic traps	مصايد بيتكوينية
Depositional traps	مصايد ترسيبية
Dolomitization	دملته
Dinaric Alps	الألب الدينارية
Downfaulted blocks	كتل سفلية الانفلاق
Datum plane	مستوى منسوب مقارنة أو منسوب أساسى
Disconf ormity	تباين
Disconformable stratification	طبقية متباينة
Electromagnetic waves	موجات كهربمغناطيسية
Extinction Zone	منطقة اختفاء
Effective porosity	مسامية فعالة
Exhaustion apparatus	جهاز تفريغ
Electric log	سجل كهربائى
Electrical potential	جهد كهربائى
Edge of pool	حافة البركة
Epeirogenic movements	حركات نشأة القارات
Epeirogeny	نشأة قارية
Exposures	اظهارات

Era	حقب
Epoch	حين
Electrical resistance	مقاومة كهربائية
Electrical resistivity	المقاومية الكهربائية
Fumaroles	داخنات
Fatty acid	حمض دهنى
Flotration	تعويم
Flaky minerals	معادن قشرية
Fractured rocks	صخور مكسورة
Fluid conductivity	توصيل السائل
Folding	تثنى
Fold	انثناء
Folded trap	مصيدة منثنية
Fracturing	تكسر
Facies change	تغير سحنى
Foreland	الأرض الأمامية
Fluorographic method	طريقة فلوروجرافية
Formations	تكاوين
Faunizones	نطاقات فونية
Florizones	نطاقات فلورية
Faunal range chart	خريطة مدى فونية
Gamma ray log	سجل أشعة جاما
Gravity equilibrium	توازن جاذبية
Genetic	نشئى
Grain	حبيبة
Gas expansion	تمدد غازى
Gas column	العمود الغازى
Geosynclinal seas	بحار متقابلات الميل الأرضية
Geologic structures	تراكيب جيولوجية
Grit	جديشى
Geochemical prospecting	التنقيب الجيوكيميائى
Geologic cross sections	قطاعات جيولوجية عرضية
Genetic unit	وحدة نشئية
Group	مجموعة

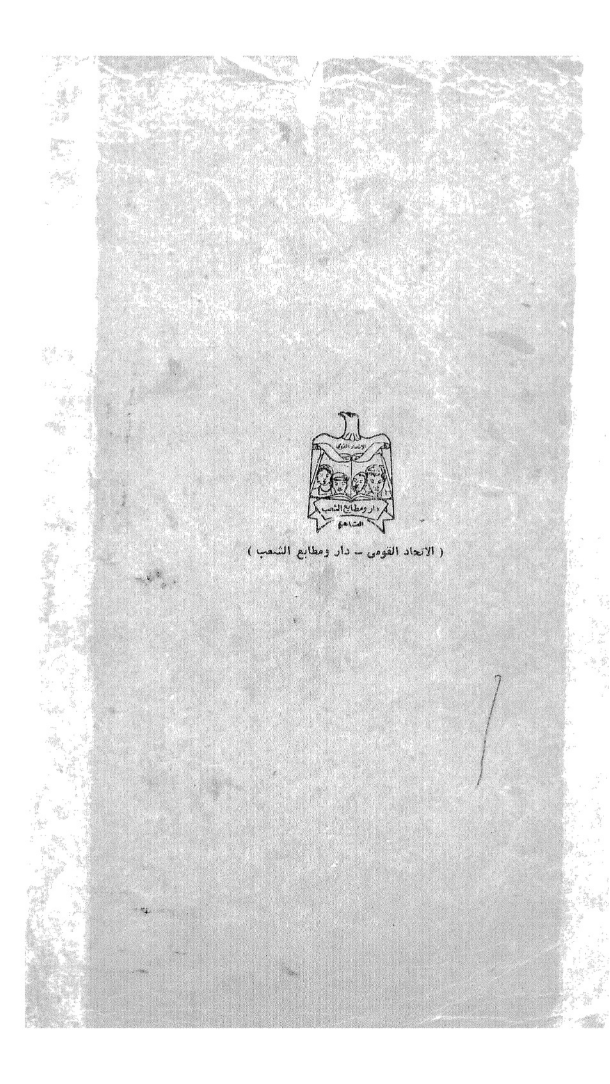
Guide fossils	حفريات مرشدة
Hydrogenation	هيدرجة
Hydrolysis	تحلل مائى
Heavy minerals	معادن ثقيلة
Hydraulic currents	تيارات مائية
Horizon	أفق
Homoclinal dip areas	مناطق الميل المتساوى
Horizontal compression	كبس أفقى
Hercynian orogeny	النشأة الجبلية الهرسينية
Impervious rock	صخر غير منفذ
Interconnected pores	مسام متواصلة
Intercrystalline porosity	مسامية بينمتبلور
Intergranular porosity	مسامية بينحبيبى
Intrusion of salt	تدخل الملح
Isofluors.	. الخطوط الأيزوفلورية
Interregional correlation	ترابط بينأقليمى
Index fossils	حفريات دالة
Index horizon	أفق دال .
Ionization chamber	غرفة تأين
Interstitial water	مياه بينخلوية
Lateral migration	هجرة جانبية
Lithologic variation	تغير صخرى
Lava flows	طفوح الحمم
Liquid displacement	إزاحة سائلية
Liquid absorption method	طريقة الأمتصاص السائلى
Lithofacies changes	تغيرات سحن صخرية
Lithologic unit	وحدة صخرية
Lithologic identity	الذاتية الصخرية
Log maps	خرائط السجلات
Logging	تسجيل
Monterey shales	طين صفحى مونتيرى
Marl	طفلة
Migration	هجرة
Millivolt	مليفولت
Millstone grit	جريش حجر الطاحون

Microseep	النضح الدقيق
Mineral concentrations	تركيزات معدنية
Microbiological prospecting	التنقيب البيولوجى الدقيق
Member	عضو
Marker bed	طبقة مميزة
Mud pit	حفرة الطين
Micrologging	التسجيل الدقيق
Nodular shape	شكل عقيدى
Neutron log	سجل نيوترون
Negative anomaly	مغايرة سالبة
Optical activity	نشاط ضوئى
Oil pressure gradient	محال ضغط الزيت
Origin of petroleum	نشأة البترول .
Oil-water table	منسوب الزيت — الماء
Overlap	تخطى
Overturned fold	انثناء مستلق
Oil column	العمود الزيتى
Oil-water contact	حد الزيت — الماء
Overthrusts	اندفاعات زائدة
Orogeny	نشأة جبلية
Orogenic movements	حركات نشأة الجبال
Oil reserves	مخزونات زيت
Pollens	حبوب اللقاح
Proto petroleum	بروتوبترول
Primary migration	هجرة أولية
Petroleum pool	بركة بترولية
Petroleum seepage	نشع بترولى
Petroleum deposits	قرارات بترولية
Permeability	نفاذية
Petroleum reservoir	خزان البترول
Porosity	مسامية
Petrophysics	فيزياء الصخر
Pore pattern	هيئة مسامية
Pumice	بيوميس أو حجر الخفاف

Pore space	سعة مسامية
Plunging fold	انثناء غاطس
Productive Series	انساق منتجة
Plane table	النضد المستوى
Period	عصر
Positive anomaly	مغايرة موجبة
Paleogeologic maps	خرائط الجيولوجيا القديمة
Paleogeographic maps	خرائط الجغرافيا القديمة
Paleoecology	التبيؤ القديم
Qualitative methods	طرق نوعية
Radioactivity	نشاط إشعاعى
Radioactive bombardment	تحطيم اشعاعى
Residual oil	زيت متخلف
Reefs	شعب
Reservoir rock	صخر خزان
Reservoir pore spaces	سعات مسام الخزان
Reservoir trap	مصيدة الخزان
Roof rock	صخر السطح
Radioactivity log	سجل نشاط شعاعى
Recumbent fold	انثناء راقد
Radial faulting	تفلق قطرى
Reservoir beds	طبقات الخزان
Russian Shield	الدرع الروسى
Rhine Graben	حوض الراين
Regional reconnaissance	كشف استطلاعى إقليمى
Reflection seismograph	سايزموجراف الانعكاس
Reconnaissance surveying	مساحة الكشف الاستطلاعى
Rock units	وحدات صخرية
Ripple marks	علامات التغضن
Rotary drilling	الحفر الرحوى
Rate of penetration log	سجل سرعة الثقب
Resistivity curves	منحنيات مقاومية
Shatter zones	مناطق تدمير
Superheated steam	بخار الماء المفرط الحرارة

Source rock	صخر المصدر
Shale	طين صفحى
Siltstone	حجر غرين
Spores	بوغمات
Secondary migration	هجرة ثانوية
Surface tension	توتر سطحي
Seepage	نشح
Sub-capillary openings	فتحات تحت شعرية
Sand lenses	عدسات رملية
Stratigraphic traps	مصايد طبقية
Subsurface mapping	مسح تحت السطح
Salt plug	حشوة ملح
Structural closure	إغلاق تركيبى
Structural relief	تضاريس تركيبى
Salt dome traps	مصايد قبة ملحية
Sedimentation basins	أحواض ترسيبية
Stratigraphy of oilf ields	طبقية حقول البترول
Series	نسق أو أنساق
Strike	مضرب أو، ضرب
Landsliding	انزلاق أرضى
Structural domes	قباب تركيبية
Seismic refraction	انكسار زلزالى
Syrian arc	القوس السورى
Soil analysis	تحليل التربة
Stratigraphic cross section	قطاع طبقى عرضى
Stratigraphic horizons	أفق طبقية
Structure contour map	خريطة كونتور التركيب
Structure contours	كونتورات التركيب
Stratigraphic correlation	ترابط طبقى
System	نظام
Stage	نمط
Standard drilling	الحفر الأساسى
Samples log	سجل العينات
Self potential curve	منحنى جهد ذاتى

Subsurface correlation	ترابط تحت السطح
Trapping structure	تركيب مصيدى
Traps	مصايد
Trapping	صيد
Texture	نسيج
Tubular shape	شكل أنبوبي
Tabular pores	مسام مسطوحة
Total porosity	مسام كلية
Tight porosity	مسامية محكمة
Thrust faulting	تفلق دفعي
Tilting	تميل
Thrusts	اندفاعات
Tertiary orogeny	النشأة الجبلية الثلاثية
Tectonic depression	منخفض تشكيلي
Triangulation	تثليث
Topographic profile	الجانبية الطبوغرافية
Time-rock units	وحدات زمنية — صخرية
Time-Stratigraphic units	وحدات زمنية — طبقية
Type section	قطاع نموذجي
Transgressive units	وحدات تجاوزية
Time-parallel zones	نطاقات متوازية الزمن
Unconformity	عدم توافق
Up-dip	أعلى الميل
Unconformable overlap	عدم توافق متخطى
Viscosity	لزوجة
Volcanic fields	حقول بركانية
Vacum pump	مضخة تفريغ
Vertical range	مدى رأسي
Well cuttings	قطع الآبار
Water table	منسوب المياه الجوفية
Weathered material	مادة مجواة
Well borings	حفر الآبار
Wedged out layer	طبقة مسفنة
Zechstein basin	حوض زخستين
Zonal guide fossils	الحفريات المرشدة للنطاقات



(الاتحاد القومي ــ دار ومطابع الشعب)